

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N0715A270011 – Obrábění, aditivní
technologie a zabezpečování kvality

Studijní specializace: Bez specializace

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Návrh modulárního upínacího přípravku pro automatizovanou
výrobu**

Autor: Bc. Vojtěch KRYŠTOF

Vedoucí práce: Ing. Josef SKLENIČKA, Ph.D.

Konzultant: Ing. Petr ŠTÍPEK

Akademický rok 2022/2023

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Vojtěch KRYŠTOF**
Osobní číslo: **S21N0007P**
Studijní program: **N0715A270011 Obrábění, aditivní technologie a zabezpečování kvality**
Téma práce: **Návrh modulárního upínacího přípravku pro automatizovanou výrobu**
Zadávací katedra: **Katedra technologie obrábění**

Zásady pro vypracování

1. Úvod
2. Rozbor současného stavu – upínací přípravky pro automatizovanou výrobu
3. Vlastní návrh přípravku ve variantách
4. Zhodnocení navržených variant a výběr nejvhodnější varianty
5. Závěr

Rozsah diplomové práce: **50 – 70 stran**
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- Chladil, Josef. Přípravky a nástroje : část-obrábění. 3. vyd. Brno : VUT, 1992. ISBN 80-214-0408-6.
- Beneš, Vladimír; Mrkvica, Miloš. Teorie řezných nástrojů : určeno pro stud. fak. strojní. 1. vyd. Praha: ČVUT, 1990. ISBN 80-01-00265-9.
- Schmidt, Eduard. Příručka řezných nástrojů. 2. vyd. Praha : SNTL, 1974.
- Chvála, Břetislav; Votava, Josef. Přípravky : celost. vysokošk. učebnice pro strojní fakulty vys. škol techn.. 1. vyd. Praha : SNTL, 1988.
- ASM Handbook, Vol. 16: Machining. Ohio, 1999. ISBN 0871700077.
- Shaw, Milton Clayton. Metal cutting principles. New York : Oxford University Press, 2005. ISBN 0-19-514206-3.
- Childs, Thomas. Metal machining : theory and applications. New York : Elsevier, 2000. ISBN 0-340-69159-X.
- Příručka obrábění : kniha pro praktiky ; přel. Miroslav Kudela. Praha : Sadvik, 1997. ISBN 91-972299-4-6.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Josef Sklenička, Ph.D.**
Katedra technologie obrábění

Konzultant diplomové práce: **Ing. Petr Štípek**
Hofmeister s. r. o. Plzeň

Datum zadání diplomové práce: **17. října 2022**
Termín odevzdání diplomové práce: **26. května 2023**

L.S.

Doc. Ing. Vladimír Duchek, Ph.D.
děkan

Doc. Ing. Jan Řehoř, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Rád bych na tomto místě poděkoval svému vedoucímu diplomové práce Ing. Josefu Skleničkovi, Ph.D. a svému konzultantovi Ing. Petru Štípkovi, vedoucímu TPV, firmy Hofmeister s.r.o. za odborné vedení, za pomoc a rady při zpracování této práce.

Dále bych chtěl velmi poděkovat kolegům z TPV firmy Hofmeister s.r.o. za pomoc a konzultace v oblasti návrhu přípravku a modelování.

Velký dík také patří mé rodině a přítelkyni, bez jejichž podpory bych nemohl tuto práci zpracovat.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

| | | | |
|-------------------------|---|-------------------------|---------------------------------|
| AUTOR | Příjmení Bc. Kryštof | Jméno Vojtěch | |
| STUDIJNÍ PROGRAM | N0715A270011 Obrábění, aditivní technologie a zabezpečování kvality | | |
| VEDOUcí PRÁCE | Příjmení (včetně titulů) Ing. Sklenička, Ph.D. | Jméno Josef | |
| PRACOVIŠTĚ | ZČU - FST - KTO | | |
| DRUH PRÁCE | DIPLOMOVÁ | BAKALÁŘSKÁ | Nehodící se škrtněte |
| NÁZEV PRÁCE | Návrh modulárního upínacího přípravku pro automatizovanou výrobu | | |

| | | | | | |
|----------------|---------|----------------|-----|--------------------|------|
| FAKULTA | strojní | KATEDRA | KTO | ROK ODEVZD. | 2023 |
|----------------|---------|----------------|-----|--------------------|------|

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

| | | | | | |
|---------------|----|---------------------|----|----------------------|----|
| CELKEM | 70 | TEXTOVÁ ČÁST | 54 | GRAFICKÁ ČÁST | 16 |
|---------------|----|---------------------|----|----------------------|----|

| | |
|----------------------|---|
| STRUČNÝ POPIS | Diplomová práce se zabývá návrhem a konstrukcí přípravku obrábění pro automatizovanou výrobu za přítomnosti robota a to od počátku vývoje až po finální návrh. Konkrétně se jedná o přípravek pro výkovek háku KHSW-13. V rámci práce byly provedeny odpovídající rešerše a byly navrženy tři varianty upnutí zadaného výkovku s tím, že nejlepší varianta byla dále rozpracována. Součástí řešení byla centrální věž, deska přípravku a samotný přípravek. Závěrem byla zhotovena výrobní dokumentace. |
| KLÍČOVÁ SLOVA | Přípravky, obrábění, vrtání, řezná síla, konstrukce, návrh, technologie, robotizace, automatizace, hydraulické systémy, pneumatické systémy, mechanika, výrobní dokumentace |

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

| | | | |
|--------------------------|---|------------------------|-----------------------------------|
| AUTHOR | Surname Bc. Kryštof | Name Vojtěch | |
| STUDY PROGRAMME | N0715A270011 Machining, additive technology and quality assurance | | |
| SUPERVISOR | Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Sklenička, Ph.D. | Name Josef | |
| INSTITUTION | ZČU - FST - KTO | | |
| TYPE OF WORK | DIPLOMA | BACHELOR | Delete when not applicable |
| TITLE OF THE WORK | Design of a modular fixture for automated production | | |

| | | | | | |
|----------------|------------------------|-------------------|-----|---------------------|------|
| FACULTY | Mechanical Engineering | DEPARTMENT | KTO | SUBMITTED IN | 2023 |
|----------------|------------------------|-------------------|-----|---------------------|------|

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

| | | | | | |
|----------------|----|------------------|----|-----------------------|----|
| TOTALLY | 70 | TEXT PART | 54 | GRAPHICAL PART | 16 |
|----------------|----|------------------|----|-----------------------|----|

| | |
|--------------------------|--|
| BRIEF DESCRIPTION | The diploma thesis deals with the design and construction of a machining fixture for automated production with the presence of a robot from the beginning of development to the final design. It is a fixture for hook KHSW-13. Subsequently, three variants of fixture for the specified forging were proposed and the best variant was further developed. The solution included the central tower, the fixture plate and the fixture itself. Finally, production documentation was produced. |
| KEY WORDS | Fixture, machining, drilling, cutting force, construction, design, technology, robotics, automation, hydraulic systems, pneumatic systems, mechanics, production documentation |

Obsah

| | |
|---|-----------|
| 1. Úvod | 12 |
| 1.1 Cíle diplomové práce | 12 |
| 2. Rozbor současného stavu | 13 |
| 2.1 Problematika přípravků pro obrábění..... | 13 |
| 2.2 Rozdělení přípravků | 13 |
| 2.2.1 Přípravky podle použití..... | 13 |
| 2.2.2 Přípravky podle operačního určení | 14 |
| 2.2.3 Přípravky podle zdroje upínací síly | 14 |
| 2.3 Zásady konstrukce upínacích přípravků..... | 15 |
| 2.4 Ustavení obrobku | 15 |
| 2.4.1 Určení polohy rovinného tělesa | 16 |
| 2.4.2 Určení válcových těles v prostoru | 17 |
| 2.4.3 Stanovení chyb ustavení válcových obrobků..... | 17 |
| 2.5 Opěrné a polohovací prvky | 18 |
| 2.5.1 Opěrky pevné | 19 |
| 2.5.2 Opěrky stavitelné | 19 |
| 2.5.3 Opěrky pomocné..... | 19 |
| 2.6 Upínací zařízení | 19 |
| 2.6.1 Upínací šrouby..... | 19 |
| 2.6.2 Upínací matice | 20 |
| 2.6.3 Upínací podložky | 20 |
| 2.6.4 Upínky | 20 |
| 2.7 Postup při konstrukci přípravků | 20 |
| 2.8 Volba materiálu přípravku | 21 |
| 2.9 Proces vrtání..... | 21 |
| 2.9.1 Průběh vrtání..... | 21 |
| 2.9.2 Definice vrtání | 21 |
| 2.10 Tvorba třísky | 22 |
| 2.10.1 Plastické deformace | 23 |
| 2.11 Řezná síla..... | 26 |
| 2.11.1 Síla při procesu vrtání | 26 |
| 2.11.2 Faktory ovlivňující velikost řezné síly..... | 27 |
| 2.11.3 Významné faktory ovlivňující velikost řezné síly | 28 |

| | |
|---|-----------|
| 2.11.4 Stanovení řezných sil | 29 |
| 3. Vlastní návrh přípravku ve variantách | 30 |
| 3.1 Mechanické upínání | 30 |
| 3.2 Pneumatické upínání | 31 |
| 3.3 Hydraulické upínání | 32 |
| 4. Návrh a konstrukce vlastního přípravku | 33 |
| 4.1 Poklady od zákazníka-popis výkovku..... | 33 |
| 4.2 Prostorová studie | 35 |
| 4.3 Návrh principů středění obrobku, jeho upínání a přidržování pro robota..... | 36 |
| 4.4 Stanovení postupu zakládání a sekvence upínání | 38 |
| 4.5 Konstruování jednotlivých funkčních uzlů | 42 |
| 4.6 Celkový konstrukční návrh | 49 |
| 4.7 Zapracování připomínek od zákazníka | 54 |
| 4.8 Zpracování výkresové dokumentace | 54 |
| 5. Závěr | 55 |
| 6. Seznam použité literatury | 56 |

Přehled použitých zkratek a symbolů

| Značka veličiny, symbol, zkratka | Jednotka | Popis |
|-------------------------------------|--------------------|--|
| A_D | [mm ²] | Průřez třísky |
| a_p | [mm] | Hloubka řezu |
| b | [mm] | Šířka odřezávané vrstvy |
| CNC | – | Computer Numeric Control |
| C_p | [-] | Konstanta |
| D | [mm] | Průměr obrobku |
| f | [mm/ot] | Posuv na otáčku |
| F | [N] | Řezná síla |
| F_1 | [N] | Aktivní složka řezné síly |
| F_2 | [N] | Pasivní složka řezné síly |
| $h(a)$ | [mm] | Tloušťka odřezávané vrstvy |
| HB | [-] | Tvrдость dle Brinella |
| k_c | [MPa] | Řezný odpor |
| k_{c1} | [MPa] | Měrný řezný odpor |
| m_c | [-] | Koeficient změny řezného odporu na tloušťce třísky |
| M_k | [Nm] | Kroutící moment |
| P_{ef} | [W] | Efektivní výkon, potřebný výkon |
| P_e | [W] | Příkon obráběcího stroje |
| $P_{už}$ | [W] | Efektivní/užitečný příkon stroje |
| P_0 | [W] | Příkonu obráběcího stroje naprázdno |
| r_ε | [mm] | Poloměr špičky nástroje |
| S | [mm ²] | Průřez třísky |
| S-N-O-P | – | Soustava: stroj-nástroj-obrobek-přípravek |
| R_m | [MPa] | Pevnost v tahu |
| VBD | – | Vyměnitelná břitová destička |
| v_c | [m/min] | Řezná rychlost |
| v_f | [mm/min] | Posuvová rychlost |

Seznam obrázků

| | |
|--|----|
| Obrázek 2.1 Stupně volnosti v prostoru u rovinného tělesa [2] | 16 |
| Obrázek 2.2 Určení polohy válcového tělesa v prostoru [2] | 17 |
| Obrázek 2.3 Prizmatická podložka [2] | 18 |
| Obrázek 2.4 Prizmatické podložky s rozdílnými úhly výřezu [2] | 18 |
| Obrázek 2.5 Vyměnitelná břitová destička v záběru | 22 |
| Obrázek 2.6 Tvorba třísky [18]..... | 23 |
| Obrázek 2.7 Členění plastické deformace [16]..... | 24 |
| Obrázek 2.8 Oblast primární plastické deformace [16]..... | 24 |
| Obrázek 2.9 Oblast sekundární plastické deformace [16] | 25 |
| Obrázek 2.10 Oblast terciální plastické deformace [16]..... | 25 |
| Obrázek 2.11 Zobrazení složek řezných sil procesu vrtání [3]..... | 26 |
| Obrázek 2.12 Vliv materiálu obrobku na velikost řezné síly [12]..... | 28 |
| Obrázek 3.1 Řešený hák KHSW-13 | 30 |
| Obrázek 3.2 Návrh mechanického typu upnutí | 31 |
| Obrázek 3.3 Pneumatický dvojčinný válec [18]..... | 31 |
| Obrázek 4.1 Budova výroby a vývoje firmy Hofmeister s.r.o. [22]..... | 33 |
| Obrázek 4.2 Řešený hák KHSW-13 se znázorněným těžištěm | 34 |
| Obrázek 4.3 Korunový vrták DCN-160-048-20A-model..... | 34 |
| Obrázek 4.4 Systém středících bodů Kosmek [17]..... | 35 |
| Obrázek 4.5 Původní prostorová studie-rozpad..... | 36 |
| Obrázek 4.6 Rotační jednotka – typ JRB [17] | 37 |
| Obrázek 4.7 Prvotní koncept hnízda pro hák KHSW-13..... | 38 |
| Obrázek 4.8 Návrh upínání a zakládání pro prvotní návrh uchopení výkovku | 39 |
| Obrázek 4.9 Obrázek detekce VCS od firmy Hydroblock s.r.o. | 40 |
| Obrázek 4.10 Funkce systému VCS a SR cylindru | 40 |
| Obrázek 4.11 Nový návrh uchopení | 41 |
| Obrázek 4.12 Finální zakládání | 42 |
| Obrázek 4.13 Systém zákluzu..... | 43 |
| Obrázek 4.14 Systém středících bodů a bezúkapové rychlospojky | 44 |
| Obrázek 4.15 Systém přidržení vidličkou..... | 45 |
| Obrázek 4.16 Předstředění lineárním prisma..... | 45 |
| Obrázek 4.17 Prvotní návrh kladky | 46 |
| Obrázek 4.18 Finální mechanismus přidržení | 46 |
| Obrázek 4.19 Sestava horního upínání | 47 |

| | |
|--|----|
| Obrázek 4.20 Hodnoty pro ložiskový vozík RGW_20CC | 48 |
| Obrázek 4.21 Sestava spodního upínání | 48 |
| Obrázek 4.22 Dvojitý hydraulický píst DBC 0320- Schéma [17] | 49 |
| Obrázek 4.23 Vozík typu RGW od firmy Hiwin s.r.o. [23] | 50 |
| Obrázek 4.24 Bezúkapová rychlospojka JVA/B– otevřeno – zavřeno..... | 51 |
| Obrázek 4.25 a), b) Středící pouzdra od firmy KIPP CZ s.r.o. [20]..... | 51 |
| Obrázek 4.26 Finální verze hnízda | 52 |
| Obrázek 4.27 Finální verze přípravku | 53 |

1. Úvod

V současné době moderních technologií a rozvíjejícího se průmyslu 4.0 je vyvíjen stále větší tlak na firmy v oblasti automatizace výrobních závodů. Pro účely automatizace průmyslových závodů zabývajících se obráběním je nedílnou součástí zefektivňující se výroby také vývoj přípravků pro obrábění, které zajišťují právě požadavky na hospodárný a přesný výrobní proces

Tyto přípravky jsou často jedinou možností, jak tvarově složité, či tenkostěnné výrobky obrobit pro splnění požadavků výrobní dokumentace v dostatečně krátkém časovém sledu a s co největší efektivitou. Proto se přípravky staly nedílnou součástí soustavy SNOP (stroj, nástroj, obrobek, přípravek).

Diplomová práce se v úvodu a první části zabývá teoretickou rešerší přípravků pro obrábění. Jejich druhy a rozdělení z hlediska několika kritérií. Následně se zabývá teorií upnutí a metodikou navrhování přípravků pro obrábění, jako je výběr jednotlivých akčních či pasivních členů, nebo výběrem materiálů jednotlivých dílů. Následuje teoretický rozbor procesu vrtání, který je výhradním druhem technologie uplatňovaného u zadaného typu výkovku. Tvořením třísky a s ní spojenou teorií sil spojených s procesem obrábění.

Následuje část práce zabývající se vlastním návrhem přípravku. Nejdříve byly rozpracovány tři varianty upnutí zadaného typu výkovku. Z nich byla vybrána jedna, která byla následně detailně rozpracována od počátků vývoje. Celý vývoj byl rozdělen do několika kroků, které reprezentují stěžejní body ve vývojových etapách daného přípravku. Následuje shrnutí přínosů přípravku v ekonomicko-technologickém sektoru a na závěr zpracování technické dokumentace

1.1 Cíle diplomové práce

Cílem diplomové práce je vytvořit rešerši současného stavu přípravků pro obrábění a technologie obrábění. Následně vytvořit varianty řešení modulárního přípravku pro obrábění pro automatizovanou výrobu zadaného typu výkovku pro hák KHSW-13 a zvolenou nejlepší variantu rozpracovat. Součástí praktické části bude popis vývoje přípravku včetně popisu finálního řešení.

2. Rozbor současného stavu

2.1 Problematika přípravků pro obrábění

Přípravek je zařízení, které se používá jako pomocný prostředek při obrábění tvarovaných, složitých nebo velkých součástí, které jsou obtížně upínatelné na standardní upínací zařízení strojů, jako jsou svěráky či sklíčidla. Tento problém se typicky vyskytuje u svařenců, odlitků nebo výkovků. Z tohoto důvodu se vyrábějí přípravky, do kterých se tyto součásti upínají a následně se připevňují na plochy, typicky stoly strojů pro jejich obrábění. Jednotlivé složité nebo velké součásti, které nelze snadno upnout na upínací plochy strojů se upínají do přípravku, který se poté upne na plochy stroje. Přípravky se používají nejen při obrábění, ale také při montáži složitých sestav k přidržení součástí. Kromě toho mohou být přípravky použity pro vedení nástroje, pokud se obráběcí stroje nedostanou na všechny potřebné plochy a rozměry. Existují také přípravky pro vedení ručního náradí, které se sestavují pro dosažení co nejpřesnějšího obrobení, a přípravky určené pro kontrolu a ověření správnosti rozměrů daného výrobku. [1][2]

2.2 Rozdělení přípravků

Přípravky můžeme dělit do několika podskupin podle různých hledisek. Pro potřeby diplomové práce bylo vybráno následující rozdělení:

- 1) přípravky dle použití,
- 2) přípravky dle operačního určení,
- 3) přípravky dle zdroje upínací síly. [1][2]

2.2.1 Přípravky podle použití

Přípravky v této podskupině se dělí na čtyři kategorie:

- Univerzální
- Skupinové
- Stavebnicové
- Speciální

Univerzální přípravky jsou vhodné pro upnutí několika různých obrobků, avšak někdy vyžadují speciální doplňky pro každý druh obrobku. Pokud jsou tyto přípravky normalizované nebo prodávány podle katalogu, nazývají se normální přípravky. Skupinové přípravky jsou vhodné pro celou skupinu obrobků a skládají se ze stálých a vyměnitelných součástí. Vyměnitelné součásti se řeší podle zvláštností tvaru každé součásti skupiny a vyměňují se při přechodu z obrábění jednoho druhu součástí na jiný druh. Stavebnicové přípravky jsou sestaveny z typizovaných dílů. Speciální přípravky jsou určeny k upnutí jednoho obrobku pro konkrétní operaci a jsou mnohem výhodnější než univerzální přípravky. [1][2]

Stavebnicové přípravky

Při upínání obrobků s komplexními tvary je klíčové zajistit rychlé, přesné a nákladově efektivní upnutí. K tomuto účelu se stále více používají stavebnicové přípravky, které jsou tvořeny normalizovanými, standardizovanými a montážními jednotkami, které lze skládat jako stavebnice. Tyto díly jsou rozebíratelné a lze je opakovaně využít v různých kombinacích. [21]

Skupinové přípravky

Při použití skupinových přípravků je důležité mít společnou část nebo celý přípravek pro větší skupinu součástí. Tyto přípravky se skládají z pevných, vyměnitelných nebo nastavitelných komponentů. Pevné komponenty zahrnují tělo přípravku, upínací mechanismus a jeho silovou jednotku. Vyměnitelné nebo nastavitelné prvky jsou použity pro přizpůsobení a vedení součástí v různých polohách. Vyměnitelné prvky jsou obvykle specifické pro konkrétní tvar součástí nebo skupinu součástí a jsou vyměňovány při přechodu mezi výrobou součástí různých typů. [21]

2.2.2 Přípravky podle operačního určení

Z technologického postupu musí být obrobek v jednotlivých operacích správně ustaven. Obráběcí přípravky slouží pro ukotvení dané polohy obrobku na obráběcím stroji. V některých případech je nutné nástroj zavést přímo do místa řezu. V takovém případě je vedení nástroje součástí přípravku. Montážní přípravky se využívají pro přidržení a zafixování určité polohy sestavy v momentu, kdy je potřeba spojit nebo naopak rozpojit součásti. K montážním přípravkům se také řadí svařovací přípravky. Přípravky kontrolní slouží ke kontrole, ověření správnosti rozměrů nebo geometrických tvarů.

Rýsovací přípravky se uplatňují v případech, kdy se stačí řídit pouze narýsovanými čarami při vlastním obrábění. Tyto přípravky slouží jako pomocná zařízení pro správné orýsování tvarů na obrobku. Pomocná a dílenská zařízení slouží ke zjednodušení práce, zvýšení pracovní možnosti stroje apod. Díky těmto zařízením lze na běžných strojích vyrábět složité tvary, které by se vyráběly velmi obtížně. K těmto přístrojům lze také přiřadit pomocná nakládací zařízení, která zjednodušují nakládání a vykládání těžkých nebo špatně uchopitelných součástí. [1][2]

2.2.3 Přípravky podle zdroje upínací síly

Pro správné upnutí obrobku v přípravku je důležité zajistit, že jeho poloha se během operace nezmění. K tomu se využívají vnější síly, které udržují obrobek stabilně a pevně na místě. Tyto síly jsou označovány jako upínací síly a jsou rozděleny do několika kategorií.

- přípravky s ručním upínáním
- přípravky s mechanickým upínáním

Přípravky s mechanickým upínáním můžeme dále dělit na:

- stlačeným vzduchem
- tlakovou kapalinou
- elektromotoricky
- působením mag. pole
- hmotou s pamětí

Při použití mechanických upínání se využívají různé metody pro vyvinutí síly. Tyto mechanické upínače lze kombinovat s jinými druhy upínacích zařízení pro větší všestrannost. Přípravky s ručním upínáním snižují nároky na sílu pracovníka, což vede ke snížení času potřebného na výměnu obrobku a ke zefektivnění celého procesu. [1][2]

Přípravky pneumatické

Pneumatické upínací přípravky nabízejí výhodu rychlého a snadného upínání s možností regulace velké a stabilní upínací síly. Aby však byly přípravky dostatečně kompaktní, často se kombinují s mechanickými zesilovacími prvky, jako jsou pákové upínky nebo upínací klíny. Mezi výhody patří jednoduchá konstrukce, rovnoměrné upnutí a snadná regulace. Na druhé

straně může být nevýhodou velká velikost zařízení a menší tuhost upnutí způsobená stlačitelností vzduchu. Existují tři způsoby upínání, které zahrnují válec s jednočinným pístem, válec s dvojčinným pístem a válec s tandemovým pístem. [21]

Přípravky hydraulické

Hydraulické upínací přípravky jsou schopné vytvořit nejvyšší upínací síly. Tyto přípravky jsou obvykle součástí hydraulického obvodu obráběcích strojů nebo jsou k dispozici jako samostatné jednotky (např. pro univerzální použití jako multiplikátory). I když jsou hydraulické upínací přípravky dražší než pneumatické, jsou menších rozměrů a nezávislé na dodávané energii ze sítě. [21]

2.3 Zásady konstrukce upínacích přípravků

Aby byl přípravek vhodný a splnil svůj účel, musí být dodrženy jisté zásady. Kromě přesnosti musíme dbát také na jeho hospodárnost, a to s cílem, aby úspory dosažené přípravkem byly větší než jeho pořizovací náklady. Velikost úspor se odvíjí nejprve od jednoho obrobku a následně od celkového počtu obráběných kusů.

Pro obrobky pro malou či malosériovou výrobu platí, že se při konstrukci přípravků snažíme volit takové prvky, které budou jednoduché, levné a snadné pro seřízení. Tento kompromis nicméně vede k malé produktivitě výroby. Tím pádem, čím větší úspory bude dosaženo konstrukcí přípravku na všechny vyráběné kusy, tím dokonalejší a sofistikovanější přípravek můžeme konstruovat.

Obrobky, které jsou obráběné na jednom stroji v určitém časovém období, mohou být téměř vždy rozděleny do skupin, kde jsou si jednotlivé obrobky podobné natolik, že mohou být vyráběny pomocí společného přípravku. V takovém přípravku jsou některé součásti seřizovatelné nebo výměnné pro jednotlivé obrobky. Většina součástí nebo skupina součástí v přípravku by však mohla být společná pro celou skupinu obrobků. Tím se počet obráběných součástí v jednom přípravku sníží a umožní to tak úsporu nákladů. To umožní efektivnější, složitější a dražší přípravek.

Při použití vhodných přípravků a zařízení lze snížit dobu upnutí součástek díky rychloupínacím prvkům, což umožňuje úspory času. Vzduchová a hydraulická zařízení jsou považována za klíčové rychloupínací prvky. Díky nim lze zkrátit čas potřebný k upnutí součásti na zlomek toho, co by bylo nutné při manuálním upínání. Přestože přípravky s pneumatickým, pneumaticko-hydraulickým nebo hydraulickým upínáním bývají dražší než ty s ručním upínáním, umožňují výraznější úspory času.

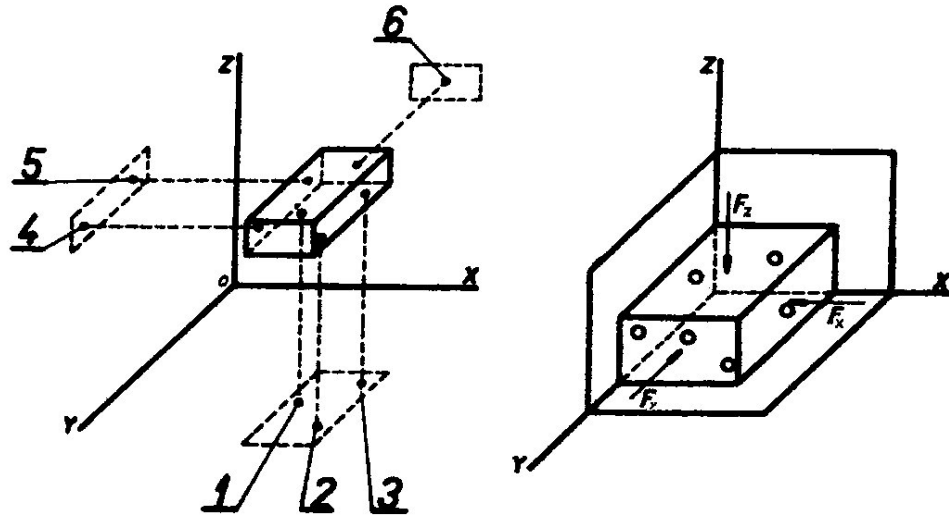
Silová jednotka je multifunkční zařízení, které lze snadno přenášet a používat s různými přípravky, což je ekonomické řešení. Pokud se použijí univerzální silové jednotky, lze zjednodušit vlastní přípravky. Využívání silových jednotek musí být pečlivě plánováno a zahrnuto do vývojového plánu přípravků. Pokud jsou použity silové jednotky nebo zesilovače, musí být navrženy tak, aby se jejich seřizování na stole obráběcího stroje dalo dělat rychle, a aby se neztratily úspory dosažené díky upínání obrobků. Současně musí být dobře navrženo a typizováno spojování nebo připojování jednotek k přípravkům. [1][2]

2.4 Ustavení obrobku

Podle výrobního výkresu musí být obrobek ustaven v přípravku tak, aby byly splněny všechny rozměry a tolerance předepsané na výkrese. Tyto požadavky na jakost, tvar a přesnost obráběných ploch určuje výrobní postup. Technologie výroby určí, jak se bude obrobek obrábět. Tento výrobní postup je rozdělen do operací. Při upínání a obrábění je důležité z těchto

operací vycházet, jelikož jsou některé operace závislé na poloze obrobku. Vždy je důležité mít obrobek v přípravku opřený na plochách, které jsou vztažené k ploše obráběné. [4]

Každé tuhé těleso v prostoru lze posunout šesti různými způsoby, což odpovídá šesti stupňům volnosti. To znamená, že každé těleso může vykonávat šest různých typů pohybů v prostoru. Tyto stupně volnosti jsou obvykle definovány ve vztahu k třem navzájem kolmým rovinám (plochám), aby bylo možné vizualizovat jejich pohyb. [3]



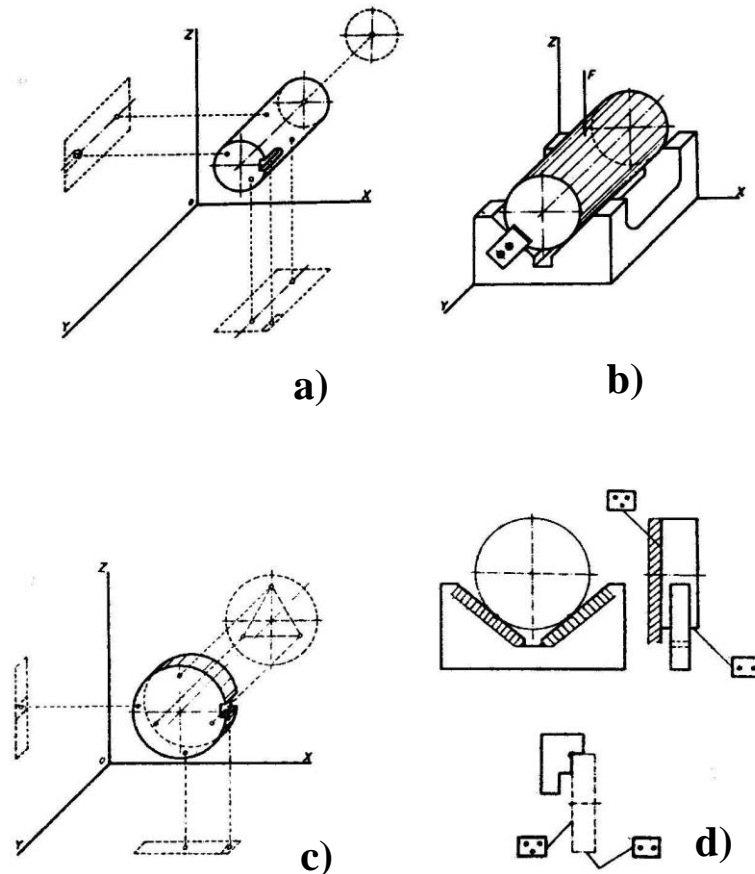
Obrázek 2.1 Stupně volnosti v prostoru u rovinného tělesa [2]

2.4.1 Určení polohy rovinného tělesa

Obrázek 2.1 znázorňuje, jak tři rovinné plochy naznačují stupně volnosti pro těleso. Při konstrukci přípravku je nutné vyloučit stupně volnosti 1 až 6, což se v tomto případě děje pomocí opěrek uložených ve třech navzájem kolmých rovinách. Každá opěrka vylučuje jeden stupeň volnosti. Plochy obrobku, které se dotýkají ustavovacích ploch přípravku, se nazývají výchozími plochami (ustavovacími základnami). Hlavní ustavovací plocha je myšlena ustavovací plocha, která umožňuje vyloučit tři stupně volnosti. Opěrná plocha vylučuje dva stupně volnosti a třetí plocha, dorazová, vylučuje jeden stupeň volnosti. Při konstrukci by měla být největší plocha obrobku zvolena jako hlavní základna a nejdelší plocha obrobku by měla být zvolena jako opěrná plocha. Tím se zajistí nejspolehlivější ustavení obrobku.

2.4.2 Určení válcových těles v prostoru

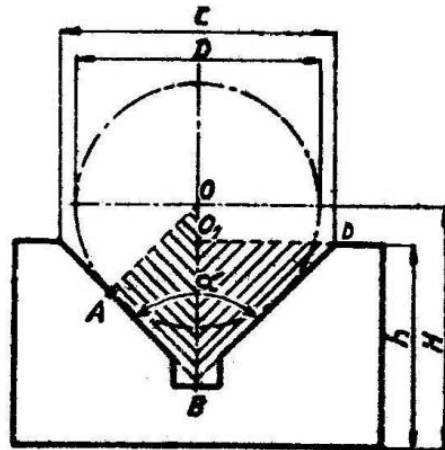
Při ustavování válcového tělesa v prostoru se postupuje stejně jako u tělesa hranolového tvaru. Pokud má válcové těleso pět stupňů volnosti, není jeho poloha jednoznačná a může se otáčet kolem své podélné osy. (obr. 2.2 a) To lze vyřešit vyloučením šestého stupně volnosti, například pomocí drážky pro pero. Válcová plocha je uložena v opěrkách v dvojité opěrné ploše a dorazová plocha je tvořena čelem válcového obrobku. (obr. 2.2 b) Při ustavování krátkých válcových obrobků se zvolí za základní ustavovací plochu čelní rovina. (obr. 2.2 c) Krátká válcová plocha se ustaví pomocí dvou opěrek a šestý stupeň volnosti lze vyloučit pomocí drážky na pero. (obr. 2.2 d) Na obrázku 2.2 d je znázorněn příklad ustavení krátké válcové plochy v prizmatické podložce a universálním sklíčidle. [2]



Obrázek 2.2 Určení polohy válcového tělesa v prostoru [2]

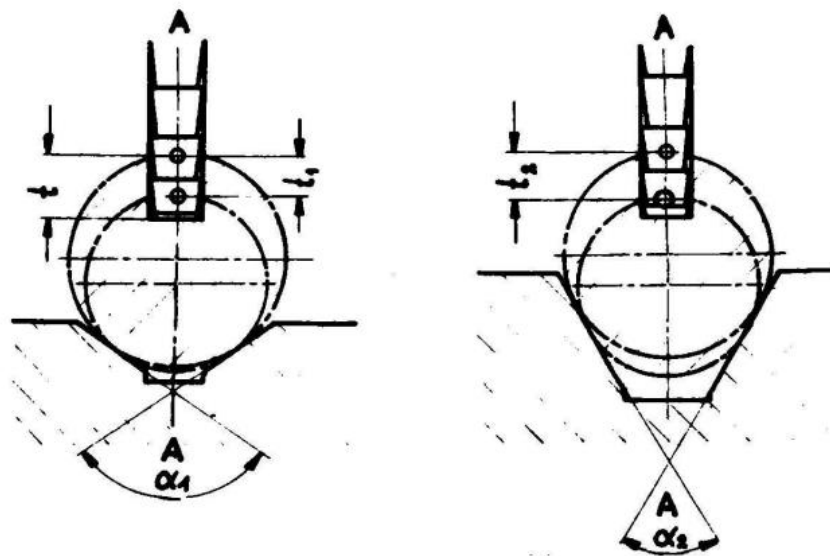
2.4.3 Stanovení chyb ustavení válcových obrobků

Prizmatické podložky Obr. 2.1 slouží k uchycení obrobku s vnější válcovou plochou. Pod úhlem $\alpha = 60, 90$ nebo 120 stupňů jsou rozevřeny stěny prizmatického výřezu. Pro určení rozměrů prizmatické podložky je potřeba znát šířku C a výšku H prizmatického výřezu (tj. vzdálenost osy válce s jmenovitým průměrem D od základny prizmatické podložky). Tyto hodnoty lze získat z trojúhelníků ABO a $BDO1$. [2]



Obrázek 2.3 Prizmatická podložka [2]

Obrázek 2.4 zobrazuje vliv velikosti úhlu α rozevření prizmatické podložky na přesnost ustavení obrobku s vnější válcovou plochou. Je zřejmé, že se s klesajícím úhlem α zvětšuje rozsah nepřesností obrobku v rámci tolerancí stanovených pro daný obrobek. [2]



Obrázek 2.4 Prizmatické podložky s rozdílnými úhly výřezu [2]

Z Obr. 2.4 je tedy patrné, že s klesajícím úhlem α roste vznikající chyba od rozměrových nepřesností vnějších dosedacích ploch zakládaného obrobku. Toto je typické například pro výkovky anebo odlitky. [2]

2.5 Opěrné a polohovací prvky

Na povrchu obrobku lze identifikovat několik různých ploch, z nichž každá má svou specifickou funkci. Mezi tyto plochy patří základní plochy, které určují polohu obrobku vůči přípravku. Dalšími důležitými plochami jsou opěrné a upínací plochy, které slouží k ustavení a fixaci obrobku v přípravku. A konečně, na povrchu obrobku se nacházejí také plochy, které

jsou určeny k obrábění a jsou upravovány podle specifikací výkresové dokumentace poté, co byl obrobek správně umístěn a upnut v přípravku.

Pomocí opěrek a upínacího zařízení se omezují stupně volnosti obrobku, aby byl ustaven ve správné poloze a při obrábění se nemohl pohnout žádným směrem. Pro životnost přípravku je důležité, aby opěrné plochy byly odolné proti opotřebení, tvrdé a vyměnitelné. Opěrky se dělí na pevné, stavitelné a pomocné a základní plocha se volí tak, aby odpovídala kótě nebo toleranci obráběné plochy. Navíc musí být základna vybrána tak, aby při obrábění ani upínání nedocházelo k deformaci obrobku. [1][2]

2.5.1 Opěrky pevné

Základním prvkem, na kterém se obrobek v přípravku opírá, jsou stabilní opěrky. Většinou jsou tyto opěrky přesně obrobené plochy, které slouží k opření obrobku na předem určených místech. V případě, že jsou na obrobku nerovné plochy, může být použita opěrka s kulovou hlavou v podobě vyměnitelného čepu. Pro opření materiálu z boku jsou používány čepy, které jsou schopné unést pouze malé síly. Plochy a místa styku se mohou kalit a brousit, aby byla dosažena větší otěruvzdornost a tím byla prodloužena životnost plochy. Pevné opěrky určují polohu materiálu vůči obráběcímu nástroji. [1][2]

2.5.2 Opěrky stavitelné

Opěrky stavitelné slouží k upevnění materiálu obdobně jako stabilní opěrky, avšak mezi nimi existují rozdíly. Opěrky stavitelné umožňují nastavení polohy v určitém rozsahu, což však z hlediska času není výhodné. Při každém novém kusu musí být opěrka znovu nastavena na správnou velikost, což je nepraktické. Tyto opěrky jsou využívány u obrobků, které nejsou dostatečně přesné v rozměrech a nepasují do přípravku, nebo u velkých obrobků. K upevnění polohy se používá kontramatice, která se dotáhne, jakmile je opěrka ve správné poloze. [1][2]

2.5.3 Opěrky pomocné

Pro zamezení velké deformace materiálu od řezného nástroje jsou obrobky podpírány pomocnými opěrkami. Tyto opěrky jsou pohyblivé, aby se dokázaly přizpůsobit obrobku, jelikož polohu obráběného materiálu přesně vymezují opěrky pevné a stavitelné. [1][2]

2.6 Upínací zařízení

Proti působením řezných sil jsou použity upínací prvky, které mohou být mechanické (šrouby, matice, upínky apod.) nebo pneumatické, hydraulické, elektromagnetické a další. Tyto upínací prvky musí vyvinout dostatečnou sílu na obrobek, aby udržely materiál v pozici při působení vnějších sil, ale současně nesmí být síla příliš velká, aby nedošlo k deformaci nebo posunu obrobku.

Způsob uchycení a volba upínacích prvků by měla být zvolena tak, aby byl čas potřebný k upnutí co nejkratší a měla by být zohledněna technologie a možnosti výroby. Počet a umístění upínacích prvků závisí na tvaru obrobku a poloze ustavovacích ploch. Aby byla síla potřebná pro uchycení obrobku co nejefektivněji využita, musí působit co nejlépe ploše obráběné a nejlépe proti ploše opěrné. [1][2]

2.6.1 Upínací šrouby

Upínací šrouby jsou jednoduché a univerzální prvky pro vyvíjení upínací síly na obrobku. Díky své jednoduchosti jsou nejčastěji používaným prvkem pro upevnění obrobku. Díky tomu, že dosahují velké upínací síly, nemusí být potřeba velké síly pro jejich použití. Tento způsob upnutí je vhodný pro obrobky různých velikostí. Nicméně v místech, kde je třeba

vysoké produktivity, není tato metoda z časových důvodů příliš vhodná. Upínací šroub může působit přímo na upínaný kus nebo skrze vložený element, například upínku. [1][2]

2.6.2 Upínací matice

Upínací matice se používají k upevnění obrobku na upínacím šroubu. Šroub prochází otvorem v matici a následně se zajišťuje utažením matice na šroubu pomocí klíče. Matice umožňuje dosáhnout vysoké upínací síly a zároveň umožňuje rychlou výměnu obrobku bez nutnosti upínacího prvku kompletně rozebírat. Upínací matice se používají pro upínání menších obrobků s menší plochou opěry a mají menší výšku než upínací šrouby, což usnadňuje přístup k obrobku a snižuje riziko kolize s rezným nástrojem. [1][2]

2.6.3 Upínací podložky

Podložky slouží k rozšíření upínací plochy pod matice nebo hlavu šroubu, což pomáhá rovnoměrněji rozložit upínací sílu a snižuje riziko deformace obrobku. Pro zvětšení tuhosti a zpevnění podložek se používají zesílené podložky, které jsou konstruovány tak, aby byly odolnější vůči tlakovému zatížení. V České republice jsou normou pro zesílené podložky ČSN 24 3550. Tyto podložky mají určitou tloušťku, průměr a vnitřní otvor, který odpovídá průměru šroubu. Používají se především v průmyslové výrobě a strojírenství, kde je důležité zaručit vysokou stabilitu a přesnost v obrobku. [2]

2.6.4 Upínky

Upínka je určena pro přenos nebo rozdělení síly, která působí na obrobek. Jedná se o páku, která má dvě ramena a vkládá se mezi obrobek a opěrný prvek. Poté je upínka přitlačena šroubem. Je možné ji použít v přípravku nebo ji kotvit k obráběcímu stolu stroje. [1][2]

2.7 Postup při konstrukci přípravků

Pro zhotovení přípravku je důležité mít přehled o technologii výroby součásti, pro kterou bude přípravek sloužit. Je třeba zvážit univerzálnost přípravku a jeho schopnost být využit pro více účelů. Opěrné a upínací plochy musí být umístěny co nejbližší obráběným plochám, aby byla zajištěna stabilita a minimalizovalo se chvění a vibrace. Materiál použitý k výrobě přípravku musí mít odpovídající mechanické vlastnosti pro přenos sil a namáhání. Obrobek v přípravku musí být dostatečně pevně uchycen pro zajištění jeho polohy. Přípravek by měl být navržen tak, aby byl snadno ovladatelný a bezpečný pro obsluhu. Žádná část přípravku nesmí zasahovat do pohybu stroje nebo nástroje a nesmí bránit odchodu obrobeného materiálu nebo práci obsluhy. Povrchy, které jsou vystaveny velkému opotřebení, musí být odolné proti otěru a musí být konstruovány tak, aby byly vyměnitelné. Přípravek by měl být navržen tak, aby se obrobek nemohl dostat do nesprávné polohy. [1][2]

2.8 Volba materiálu přípravku

Jak již bylo uvedeno, volba vhodného materiálu je zásadní pro kvalitní výrobu přípravku, neboť musí splnit všechny požadavky, které jsou na něj kladeny. Mezi tyto požadavky patří například dostatečná odolnost proti opotřebení, pevnost a tuhost. Proto je důležité při výběru materiálu zvážit následující faktory:

- velikost a typ namáhání a opotřebení při používání daného přípravku
- prostředí, v němž bude přípravek použit
- požadovaná přesnost obrobku i celého přípravku
- cena a dostupnost materiálu
- hmotnost celé konstrukce. [1][2]

2.9 Proces vrtání

Vrtání představuje širokou škálu obráběcích metod, které slouží k vytváření válcových ploch v materiálu pomocí řezných nástrojů. Kromě vrtání krátkých a dlouhých děr zahrnuje tento termín také další metody obrábění, jako jsou vystružování, vyhrubování, vyvrtávání a válečkování, stejně jako některé operace obrábění načisto. Společným prvkem těchto metod je rotace nástroje nebo obrobku a případně i přímý pohyb nástroje nebo obrobku. Skutečnost, že vrtání představuje nejčastější operaci obrábění a že většina děr má průměr v rozmezí 10 až 20 mm, jasně ukazuje, jaký důležitý význam má v moderním obrábění vrtání. Současné nástroje umožňují vrtání do plného materiálu v jednom kroku bez nutnosti předvrtání nebo vrtání středových děr. Výsledná kvalita otvorů je tak vysoká, že další úpravy za účelem získání přesných rozměrů a kvalitního povrchu mohou být v mnoha případech zbytečné. [1][2][3]

2.9.1 Průběh vrtání

I když se proces vrtání dá srovnávat se soustružením a frézováním, následující kapitola se bude věnovat požadavkům na vytváření a odvádění třísek, které jsou u vrtání mnohem náročnější. Pokud je díra, která se vrtá delší, je zásadní zajistit kontrolu nad třískami, aby bylo možné je snadno odstranit. Při vrtání dlouhých děr jsou často kladeny velké nároky na kvalitu vrtání, zatímco u vrtání kratších děr se klade důraz na objem odstraňovaného materiálu s cílem dosáhnout vyšší hospodárnosti během obrábění. Vrtání krátkých děr zahrnuje obvykle poměrně malý poměr délky k průměru otvoru (L/D). U průměrů otvorů do 30 mm se zpravidla používá délka vrtání nejvýše 5 až 6krát větší než průměr díry, zatímco u větších průměrů je délka vrtání omezena na 2,5krát průměr díry. Poměr délky a průměru díry je definujícím faktorem pro vrtání krátkých děr a závisí na konkrétní technologii. Tento poměr lze změnit pouze s použitím nových vrtacích nástrojů. V minulosti bylo vrtání krátkých děr považováno za hrubovací operaci, ale díky současným vrtákům je možné dosáhnout tolerance IT9, což v mnoha případech postačuje i pro dokončovací operace. [3][2]

2.9.2 Definice vrtání

Vrtání zahrnuje kombinaci dvou pohybů, rotačního a posuvného, podobně jako u soustružení. Při vrtání krátkých děr na strojích, jako jsou vrtačky a obráběcí centra, je nástroj poháněn oběma pohyby, aby provedl obrábění. S nástupem řízených soustruhů NC a CNC se však stále více používá kombinace rotačního obrobku a nepohyblivého se vrtáku k vrtání krátkých děr.

K vrtání krátkých děr se nejčastěji používá metoda nazývaná "vrtání doplna", při které se díra vrtá v jediné operaci až do určitého průměru vrtáku. Pro vrtání děr s velkými průměry se často využívá metoda "vrtání na jádro", která nevyžaduje tak vysoký příkon stroje jako u

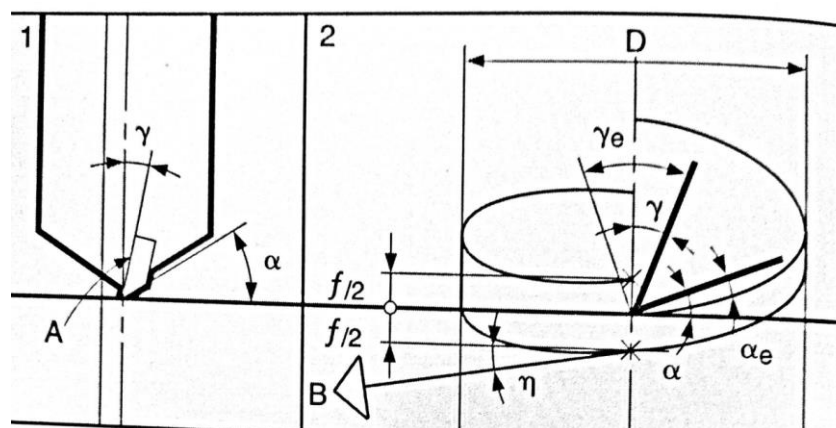
vrtání doplna. Tato metoda se také provádí v jedné operaci, ale ve středu díry zůstává válcovité jádro, které není řezáno.

Pro dosažení lepší kvality povrchu díry nebo přesnější tolerance průměru může být použita operace předvrtání. Předvrtání může být provedeno pomocí krátkých vrtáků, ale ty nemusí vždy zajistit požadovanou přesnost. Při použití asymetrických geometrií nástrojů může předvrtaná díra způsobit odchylku vrtáku, což způsobuje, že vrták provádí kývavý pohyb a díra je oválná. Řada krátkých vrtáků má však samostředící vlastnosti, takže vrták se snaží ustavit na střed předvrtané díry, což vede k rovnoměrnějšímu tlaku na břity a lepšímu výkonu. [3]

2.10 Tvorba třísky

Jedním z nejdůležitějších vedlejších procesů při obrábění je vytváření třísek, které mají výrazný vliv na celý proces obrábění. Rovněž ovlivňují sílu řezání a odpor řezání, a proto je nutné tento sekundární produkt obrábění, speciálně u konstruování přípravků pro obrábění, efektivně odvádět z míst upínání a dosedání výkrovku.

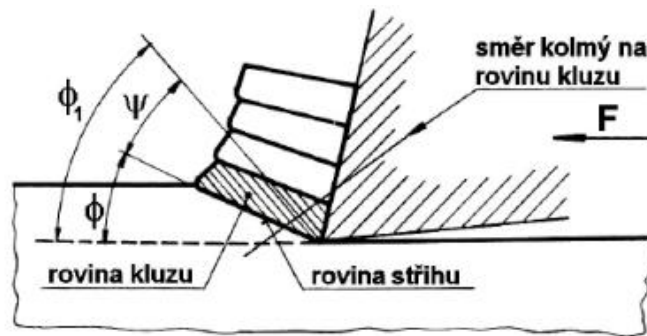
Většina krátkých vrtáků obsahuje dvě drážky, které slouží k odvádění třísek a obvykle mají také dva břity. Moderní stroje a vrtací nástroje využívají efektivního způsobu odvádění třísek, při kterém se pod vysokým tlakem chladicí kapalina přivádí do místa obrábění pomocí kanálků, které jsou umístěny v tělese vrtáku. Proces utváření třísky během vrtání závisí na několika faktorech, jako je materiál obrobku, geometrie nástroje, řezná rychlost, posuv a typ chladicí kapaliny. Obvykle se při vysokém posuvu nebo nižší rychlosti tvoří kratší třísky. Pokud je tříška dostatečně dlouhá a lze ji snadno odvést od břitu ven, nacházíme ideální stav. Vzhledem k tomu, že se řezná rychlost v průběhu vrtání od okrajů k ose vrtáku snižuje, vytváří se na břitu nárůstek. Tento jev je tedy většinou akceptován v blízkosti osy vrtáku. Pokud chceme dosáhnout přesunutí nárůstku od osy k vnějšímu průměru, můžeme snížit řeznou rychlost. U procesu vrtání břitovými destičkami dosahují pracovní podmínky do značné míry podmínky procesu soustružení s tím rozdílem, že uhel čela (γ) se mění během záběru břitu, jak je možné vidět na Obr. 2.3. Detailněji se dané problematice bude věnovat následující kapitola. [3]



Obrázek 2.5 Vyměnitelná břitová destička v záběru [3]

Moderní nástroje vyrobené ze slinutých karbidů umožňují provádět vrtání krátkých děr s vysokou účinností obrábění. Tyto nástroje však produkují velké množství třísek, které musí být odstraněny pomocí chladicí kapaliny. Chladicí kapalina se přivádí do těla nástroje pod vysokým tlakem kanálky, nebo se aplikuje zvenčí po nástroji. Potřebný tlak chladicí kapaliny a množství kapaliny jsou závislé na průměru vrtáku a délce vrtané díry. Tyto hodnoty jsou ovlivněny také dalšími faktory jako je materiál obrobku a podmínkami obrábění. [3]

Proces obrábění vychází z principu vnikání břitu nástroje do obrobku. Během procesu obrábění se břit nástroje zanořuje do obrobku, to způsobuje koncentraci napětí před a pod břitem v důsledku řezné síly. Tato koncentrace napětí způsobuje velké namáhání a plastické deformace materiálu odřezávané vrstvy obrobku. Pokud síla působí stálou velikostí, smykové napětí narůstá, dokud nedojde k plastické deformaci materiálu před břitem nástroje. Pokračováním pohybu nástroje se plastická deformace rozšiřuje a materiál se posouvá a tlačí ve směru kolmém k řezné rovině, což způsobí, že materiál již není schopen dále podstoupit mikroplastickou deformaci. Jak pokračuje pohyb nástroje, napětí v materiálu se zvyšuje, dokud nedosáhne stříhové meze pevnosti materiálu, což způsobí oddělení části třísky v rovině stříhu. Tyto oddělené části se následně sbíhají na čele řezného nástroje a tvoří třísku, která odchází z místa řezu. [5] [6] [14] [18] [3]

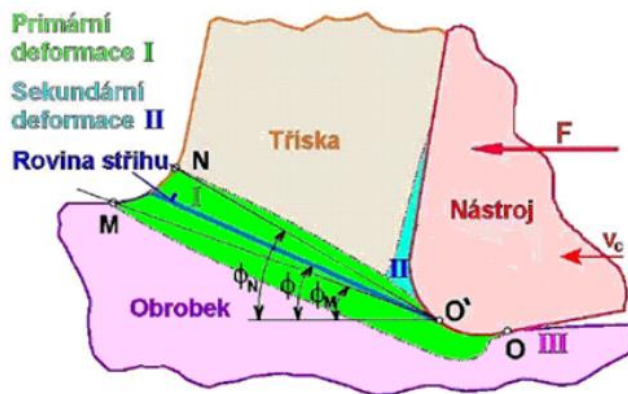


Obrázek 2.6 Tvorba třísky [18]

2.10.1 Plastické deformace

Při obrábění materiálu dochází k elastickým deformacím, následně k plastickým deformacím a nakonec, po překročení meze pevnosti, ke vzniku deformací rozrušivých. Během procesu obrábění dochází k plastickým deformacím ve třech oblastech: před břitem, na styčné ploše mezi třískou a čelem nástroje a na povrchové vrstvě obráběného materiálu. Tyto oblasti jsou vymezeny body OMNO' a budou popsány v následujících částech práce. Tyto oblasti jsou často zjednodušeny na oblast OMNO. Tvar a velikost této oblasti se mohou měnit v závislosti na fyzikálních vlastnostech obráběného materiálu, zejména jeho schopnosti deformovat se a zpevnit. Kromě toho ovlivňují tvar a velikost této oblasti další faktory, jako například řezná rychlost nebo geometrie břitu. Plastické deformace jsou tedy rozděleny podle oblastí, kde vznikají. [6][18][16]

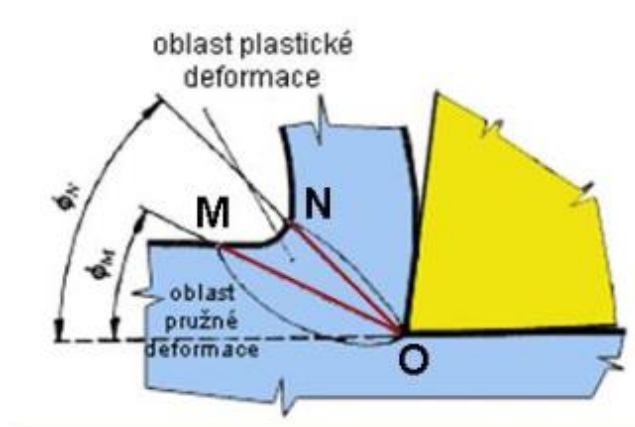
- I. oblast primární plastické deformace
- II. oblast sekundární plastické deformace
- III. oblast terciální plastické deformace



Obrázek 2.7 Členění plastické deformace [16]

I. oblast primární plastické deformace

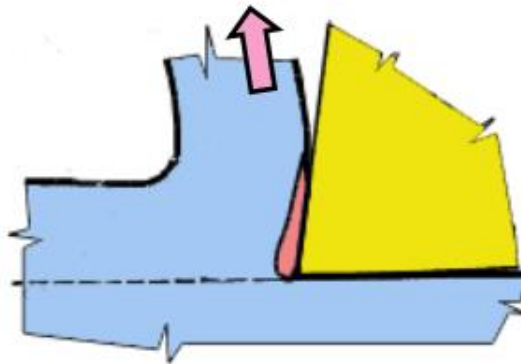
Na Obr. 2.3 jsou znázorněny křivky OM a ON, které vymezují oblast, kde dochází k plastickým deformacím materiálu v důsledku působení řezné síly. V této oblasti dochází k postupnému zpevňování materiálu obrobku, až dojde ke vzniku kluzných rovin a kluzu uvnitř materiálu poté, co se vyčerpá plasticita materiálu. Největší plastické deformace a zpevnění materiálu se vyskytují v oblasti ostří břitu, kde také vzniká většina řezného odporu, který závisí na tloušťce odřezávané vrstvy. Tuto oblast ovlivňují zejména vlastnosti materiálu (pevnost, tvrdost, houževnatost, zpevňovací schopnost), geometrie břitu (úhel čela, poloměr zaoblení ostří), řezné podmínky a prostředí, kdy jakékoli změny těchto faktorů vedou ke změnám rozměrů průřezu odřezávané vrstvy, krystalické struktury materiálu a zpevnění třísky. [6] [16]



Obrázek 2.8 Oblast primární plastické deformace [16]

II. oblast sekundární plastické deformace

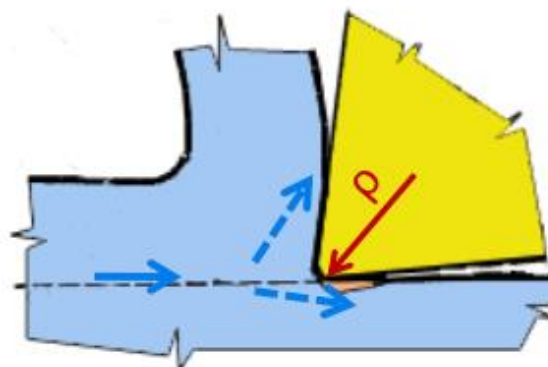
V oblasti, která je blízko čelu řezného nástroje, dochází ke vzniku primární deformace, která způsobuje vznik třísky. Ta postupně odchází od nástroje. Při tomto odchodu dochází k intenzivnímu tření mezi třískou a čelem nástroje v důsledku překonávání povrchových nerovností a adhezních sil na úrovni svarů za studena, jak ukazuje Obr. 2.9. Tento jev je pozorovatelný pouze u čela nástroje, kde vzniká vrstva třísky, která se postupně zpevňuje. V důsledku toho může na břitu vzniknout nárůstek, což je nežádoucí stav, protože mění geometrii nástroje a zhoršuje kvalitu obrobené plochy. Nestabilita nárůstku často způsobuje rozkmitání soustavy S-N-O-P, což má v konečném důsledku vliv na velikost řezné síly a řezný odpor. V oblasti styku mezi třískou a čelem nástroje dochází k extrémním podmínkám, jako je vysoká teplota třísky a tlak až 10^4 MPa. Většina třísky již nevystavuje plastickou deformaci. [6][16]



Obrázek 2.9 Oblast sekundární plastické deformace [16]

III. oblast terciální plastické deformace

V oblasti terciální plastické deformace se nachází odřezávaná vrstva a povrch obrobené vrstvy, což je způsobeno tvarováním ostří nástroje a zasahováním oblasti OMNO' pod rovinu řezu, jak je vidět na Obr. 2.7 a 2.10. Vzhledem k tomu, že žádné ostří není dokonale ostré, dochází k částečnému zatlačení materiálu pod břit nástroje a k plastické i pružné deformaci neodříznuté tloušťky odřezávané vrstvy. Tato oblast nedosahuje teploty rekrystalizace, takže po plastické deformaci zůstávají zbytková pnutí, což způsobuje zpevnění povrchové vrstvy. Velikost zpevnění závisí na vlastnostech materiálu, řezných podmínkách a geometrii břitu. To má vliv na tvrdost a odolnost povrchové vrstvy obrobené plochy proti korozi. [6][7][16]



Obrázek 2.10 Oblast terciální plastické deformace [16]

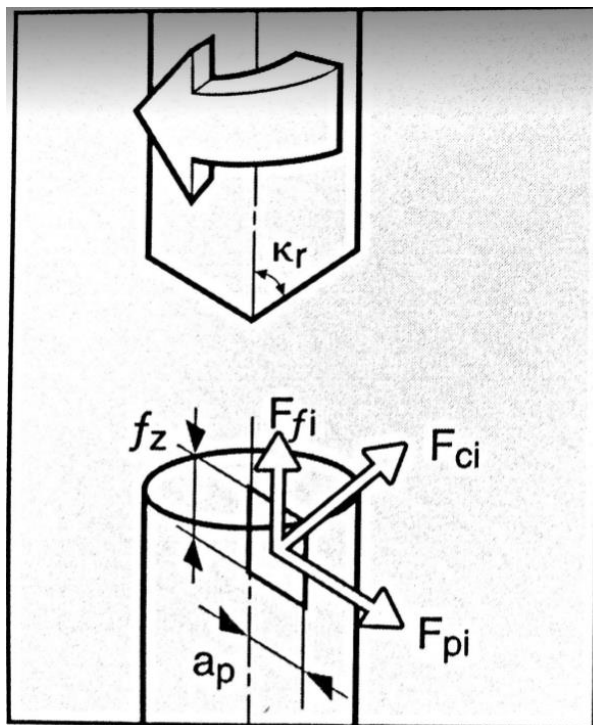
2.11 Řezná síla

Řeznou sílu lze charakterizovat jako sílu, jejímž následkem dochází k oddělování materiálu obrobku v podobě třísky. Její vznik zapříčiňuje vtačování břitu nástroje do obrobku a je nezbytnou součástí procesu obrábění. [3]

2.11.1 Síla při procesu vrtání

Průběh řezání je velmi složitý dynamický proces, jenž probíhá v důsledku síly, která vtačuje břit řezného nástroje do materiálu obrobku, čímž dojde k oddělení materiálu ve formě třísky. Působení břitu nástroje neboli řezného klínu způsobí v obráběném materiálu stav napjatosti, jenž se pojí s elastickými a plastickými deformacemi a zároveň silovými poměry, které v daném systému působí tak, jak již bylo popsáno v předchozí kapitole. Zmíněné silové poměry jsou zvláště důležité pro zjištění mechanického namáhání soustavy S-N-O-P, kdy se hlavně jedná o stabilitu řezného prostředí, jenž plyne z pevnosti a tuhosti soustavy. Dále silové poměry mohou sloužit k hodnocení obrobitelnosti materiálu, trvanlivosti a životnosti nástrojů nebo vlivu na integritu obrobeného povrchu. [5][8][16]

Pro výpočet posuvové síly, krouticího momentu a potřebného výkonu je klíčová měrná řezná síla k (N/mm^2). Tento parametr vyjadřuje obrobitelnost materiálu při určité tloušťce třísky a úhlu čela nástroje. Měrná řezná síla je definována jako tangenciální řezná síla potřebná k odřezání třísky o průřezu jednoho čtverečního milimetru nebo jako efektivní řezná síla vydělená teoretickou plochou třísky. U konstrukční oceli s obsahem uhlíku 0,8 % je tato hodnota 2 700 N/mm^2 a u slitiny hliníku pak 750 N/mm^2 . Informace o hodnotách měrných řezných sil lze najít v tabulkách. Pro výpočet je třeba znát základní proměnné, jako je materiál obrobku, efektivní úhel čela a střední tloušťka třísky. Pokud se pozitivní úhel čela zvětšuje a střední tloušťka třísky narůstá, měrná řezná síla se snižuje. V případě zvětšení úhlu čela o jeden stupeň se hodnota snižuje o 1-1,5 %.



Obrázek 2.11 Zobrazení složek řezných sil procesu vrtání [3]

Síly, které působí při procesu vrtání, ovlivňují nástroj v různých směrech, včetně břitu, špičky vrtáku a obvodových fasetek. U těchto sil se obvykle předpokládá působíště ve středu

čela a skládají ze tří složek – tangenciální, radiální a axiální. Tyto můžeme vidět zobrazeny na obr. 2.11, a jejich velikost závisí na několika faktorech, jako je materiál obrobku, hloubka řezu, posuv a geometrie nástroje. Axiální řezná síla se vypočítá jako součet sil na každém břitu nástroje, vynásobený počtem břitů. Je důležité přihlížet k těmto silám při výpočtu stability vřetena a posuvového mechanismu. Síla posuvu (F_f) se zvětšuje s úhlem nastavení (κ_r) = $\varphi/2$. Úhel nastavení je úhel mezi hlavním břitem a směrem posuvu. [3]

$$F_f = 0,5 \cdot k_c \cdot a_p \cdot f \cdot \sin \kappa_r \quad (1)$$

$$F_c = k_c \cdot a_p \cdot f \quad (2)$$

Součet řezných sil působících v tangenciálním směru vede ke vzniku celkové tangenciální řezné síly F_c (N), která vytváří kroutící moment M (v Nm). Celkový kroutící moment na vrtáku je určen jako součin tangenciální řezné síly a poloměru ke středovému bodu teoretického čela r_A , a zahrnuje momenty od každého břitu. Průměr díry D a jádra d jsou udávány v milimetrech jako D a d . [3]

$$M = F_c \cdot r_A \quad (3)$$

$$r_A = \frac{d}{2} + \frac{a_p}{2} = \frac{D+d}{4} \quad (4)$$

$$M = \frac{k_c \cdot f}{1000} \cdot \frac{(D^2 - d^2)}{8} \quad (5)$$

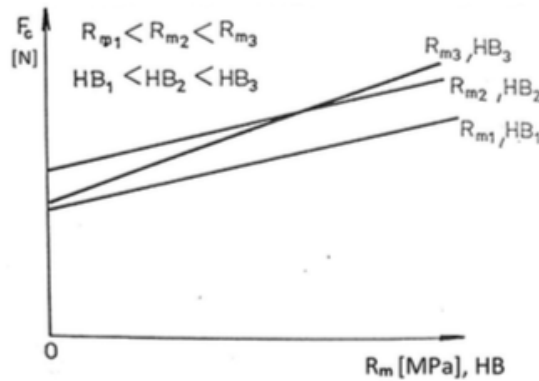
2.11.2 Faktory ovlivňující velikost řezné síly

Celkovou velikost řezné síly ovlivňuje mnoho faktorů, jak již bylo částečně naznačeno výše. Dále budou faktory vztaženy převážně k hlavní složce řezné síly F_c nebo k celkové řezné síle, jelikož tyto údaje jsou pro danou práci zásadní. Vliv na zbylé dvě složky je buďto stejný jako na složku F_c , ale ve srovnání s ní je daný vliv velikostně minoritní či bude zahrnut v celkové řezné síle. Zmíněné ovlivňující faktory lze shrnout do 4 oblastí vlivu, které budou následně detailněji popsány: [11][12][15][16]

- Obrobek
- Nástroj
- Stroj
- Prostředí

Vliv obrobku

Zásadní vliv ze strany obrobku má jeho materiálový druh. Při konstantních řezných podmínkách vznikají rozdílné řezné síly, jestliže jsou obráběny odlišné materiály. Jakožto příčina zmíněného jsou rozdílné fyzikální a chemické vlastnosti jednotlivých materiálů. Pro obecný popis oné závislosti lze říci, že stoupající tvrdost, pevnost či houževnatost má za následek zvýšení řezné síly, čehož si je možno povšimnout na Obr. 2.12, kde je řezná síla v závislosti na veličinách obráběného materiálu, kterými jsou pevnost v tahu R_m a tvrdost dle Brinella HB. Dále má u materiálu obrobku vliv na řeznou sílu např. struktura, legující přísady atd. [10][11][12]



Obrázek 2.12 Vliv materiálu obrobku na velikost řezné síly [12]

Vliv nástroje

Do další oblasti patří vliv řezného nástroje, který velikost řezné síly ovlivňuje hned několika činiteli. Mezi tyto činitele se řadí geometrie nástroje (úhel čela γ_0 , úhel nastavení hlavního ostří nástroje κ_r), opotřebení břitu a materiál nástroje. [12][16]

Vliv stroje

Hlavní vliv stroje spočívá ve volbě řezných podmínek (posuv na otáčku, hloubka řezu a řezná rychlost), které jsou stanoveny před samotným obráběním. V roce 1957 němečtí vědci Kienzel a Victor poprvé zaznamenali vliv těchto podmínek a vytvořili tak tzv. Kienzelův princip, který se věnuje této problematice. [13][16]

Vliv prostředí

V rámci vlivu prostředí se můžeme zaměřit na použití chladících a mazacích kapalin, které mohou snížit řeznou sílu v porovnání s obráběním bez použití kapalin. Úroveň snížení řezné síly může být ovlivněna vlastnostmi a složením použité kapaliny a může dosáhnout až 10–15 % snížení ve srovnání s obráběním bez kapalin. Nicméně tato úvaha platí pouze pro nástroje z rychlořezné oceli. Pokud se však pracuje s nástroji ze slinutých karbidů nebo řezné keramiky, procesní kapaliny nejsou využívány, protože tyto materiály jsou citlivé na teplotní změny a mohou zvyšovat riziko vzniku křehkého lomu. [10][16]

2.11.3 Významné faktory ovlivňující velikost řezné síly

Při analýze teorie obrábění je zřejmé, že nejvýznamnějšími faktory ovlivňujícími velikost řezné síly jsou řezné podmínky, konkrétně posuv a hloubka řezu. Tyto faktory jsou obvykle velmi variabilní a omezené možnostmi strojů a nástrojů, stejně jako požadovanou kvalitou výsledného výrobku. Materiál obrobku je dalším faktorem, který má výrazný vliv na řezné síly a určuje určité rozmezí, ve kterém se tyto síly mohou pohybovat v závislosti na ostatních faktorech procesu. Výběr materiálu je často pevně stanoven v zájmu dosažení požadovaného výrobku, a proto nelze řídit tento faktor jako řezné podmínky. [16]

Dalším faktorem ovlivňujícím velikost řezné síly je úhel nastavení a úhel čela, které lze variabilně nastavit pomocí různých typů destiček. Avšak v praxi se obvykle volí optimální kompromis mezi těmito úhly s cílem snížit řezné síly a zvýšit trvanlivost nástroje. Pokud není destička včas vyměněna, hrozí otupení břitu a tím rychlý nárůst řezných sil, proto je důležité pravidelně kontrolovat a vyměňovat destičky, aby se zabránilo přílišnému poškození a zvýšení řezných sil. [16]

2.11.4 Stanovení řezných sil

Existuje několik způsobů, jak získat hodnoty řezných sil, které se liší podle vstupních údajů, které jsou použity k určení těchto sil. Tyto hodnoty lze stanovit buď výpočtem nebo měřením. Získání přesných hodnot řezných sil je důležité zejména pro analýzu síly působící při procesu řezání a pro zlepšení technologických podmínek obrábění. Ze zjištěné řezné síly je také možné následně dopočítat další veličiny, jako je kroutící moment M_k nebo potřebný výkon pro obrábění P_{ef} . [12], [16]

Stanovení řezných sil výpočtem

Tyto metody se vyznačují tím, že vyžadují buď předchozí měření nebo znalost hodnot dalších veličin, na základě kterých se poté vypočítá řezná síla pomocí vzájemných vztahů. Tyto metody lze kategorizovat do tří skupin: [11][12][16]

- stanovení řezné síly na základě teoretických výpočtů,
- výpočet řezné síly pomocí řezného odporu,
- výpočet metodou experimentálních rovnic.

Teoretické výpočty

Postup výpočtu je založen na teoretických úvahách a analýze procesu obrábění pomocí dvou modelů. První model se zaměřuje na analýzu tření na dotykových plochách mezi čelem a třískou, a hřbetem a obrobenou plochou. Druhý model vychází z rozboru deformace a lomu v oblasti plastických deformací. [11][16]

Pomocí řezného odporu

Vypočtení řezné síly pomocí řezného odporu umožňuje získat pouze hlavní složku řezné síly, která odpovídá podmínkám experimentu, při kterém byla hodnota řezného odporu stanovena. Vztah pro výpočet řezné síly je součinem řezného odporu a průřezu odřezávané vrstvy a má následující tvar: [11][12][16]

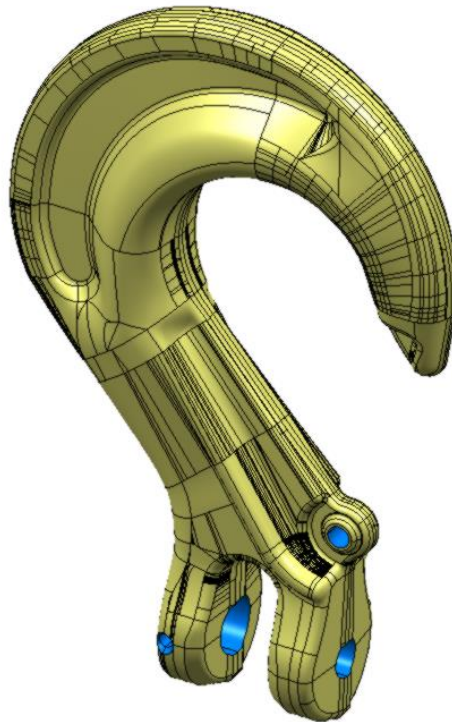
$$F_c = k_c \cdot A_D \text{ [N]} \quad (6)$$

kde: k_c – řezný odpor [$\text{MPa} \cdot \text{mm}^{-2}$]

A_D – průřez odřezávané vrstvy [mm^2]

3. Vlastní návrh přípravku ve variantách

Návrh a konstrukce vlastního řešení přípravku od počátku vývoje až po konečný konstrukční návrh včetně výkresové dokumentace probíhal ve firmě Hofmeister s.r.o. Součástí zakázky je konstrukce univerzální upínací věže s možností osazení přípravky ze dvou stran a modulární výměna upínacích desek s přípravky přizpůsobené pro plně automatizovanou linku s robotem. Celá zakázka se vztahuje na 14 typorozměrů výkovků. Pro potřeby diplomové práce byl vybrán hák typu KHSW-13. (Obr. 3.1) Rozsahem práce je návrh výměnné desky osazené dvěma upínacími hnízdy včetně řešení hydraulických rozvodů a silových prvků.

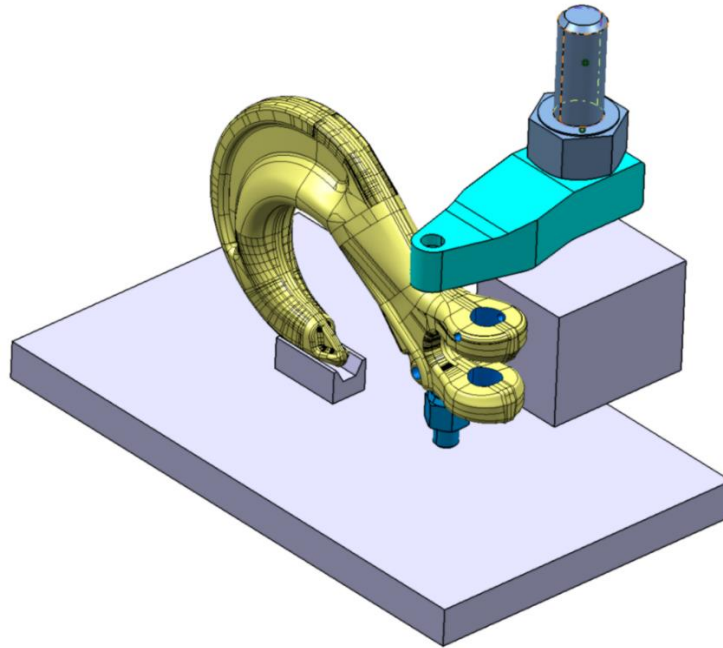


Obrázek 3.1 Řešený hák KHSW-13

Následující kapitola se zaměřuje na možnosti upnutí zadaného typu výkovku – hák KHSW-13, který je součástí zakázky a primárně řešeným výkovkem využitým pro potřeby diplomové práce. Detailněji bude výkovek i samotný vývoj vybraného typu přípravku popsán v následující kapitole. V této kapitole se práce věnuje třem jednoduchým teoretickým návrhům upínání a to: mechanické, pneumatické a hydraulické. Pro dané varianty budou zmíněny klady a zápory daného typu upnutí a následně vybrána definitivní varianta, která bude součástí následující kapitoly v rámci celkového vývoje definitivního přípravku schváleného zákazníkem.

3.1 Mechanické upínání

Jak bylo zmíněno, prvním teoreticky možným typem upínání je upínání mechanické. Jednoduchý návrh takového typu upnutí je možné vidět na Obr. 3.2. Upínání je zajištěno pomocí upínky a matice, která působí proti pevnému nastavitelnému dorazu. Středění a zbývající stupně volnosti by byly odebrány přes tvarové prisma s úhlem 120° .



Obrázek 3.2 Návrh mechanického typu upnutí

Největší předností tohoto typu upínání je jednoduchá konstrukce s minimálními pořizovacími náklady. Je také nenáročná na údržbu či základní obsluhu. Nevýhodou je, že takto řešené upínání nesplňuje požadavky plné automatizace zadané a požadované zákazníkem, neboť je nezbytné, aby zakládání a upínání bylo realizováno za pomoci operátora. U tohoto řešení by dále bylo s největší pravděpodobností nutné řešit i ergonomickou stránku přípravku, aby zakládání a upínání vyhovovalo ergonomickým standardům a usnadňovalo a zefektivňovalo práci operátora.

3.2 Pneumatické upínání

Dalším teoreticky možným typem upínání je pneumatické upínání. Na Obr. 3.3 je vidět navrhovaný upínací prvek pro toto řešení. Dvojitý lineární pneumatický válec se zdvihem až 20 mm. Rozsah pracovního tlaku je 0,1-10 bar. Při tlaku 7 barů je garantovaná upínací síla 784,8N.



Obrázek 3.3 Pneumatický dvojitý válec [18]

Tento typ upínání již umožňují jistý stupeň automatizace a je možné řízení sekvence upínání. Jedná se o levnější alternativu ovládání pomocí médií, oproti později zmiňovanému hydraulickému upínání. Systém zapojení je také méně náročný na údržbu a případný únik média nepředstavuje takový problém jako v případě hydraulické kapaliny. Tento systém upínání není však u zákazníka na žádné úrovni aplikován a nejedná se tedy o upřednostňovanou variantu při volbě řízených systémů. Další nevýhodou oproti hydraulickému systému jsou nižší upínací síly a s tím související tuhost upnutí.

3.3 Hydraulické upínání

Posledním navrhovaným typem upínání je upínání hydraulické. Tento typ akčních prvků je z valné většiny aplikován v závodě u zákazníka na všech automatizovaných linkách a přípravcích a je tedy i preferovaným řešením v případě návrhu daného přípravku. Navrhovaný upínací prvek je hydraulický dvojčinný válec DBC 0320 od firmy KOSMEK LTD. s garantovanou upínací silou $0,35 \times P$ v tahu a $0,87 \times P$ v tlaku s rozsahem tlaků od 1 až do 35MPa, kde P je tlak v soustavě. Systém hydraulických prvků je možné řídit přímo pomocí PLC stroje, na kterém bude výroba probíhat, což je další významné plus při hledání řešení s možností plné automatizace bez přičinění člověka. Nevýhodou jsou vyšší pořizovací náklady systému řízení hydraulického vedení, jako jsou redukční, či sekvenční ventily nebo inspekční body. Dále také možný únik média představuje větší problém, než je tomu u pneumatických systémů. Co je naopak velkou předností hydraulicky řízených systémů, tak to jsou vyšší upínací síly jednotlivých akčních členů, a tedy i vyšší tuhost upnutí a s tím související tlumení vibrací od obrábění a dodržení požadovaných rozměrů.

Výslednou vybranou variantou je varianta hydraulického upínání. Tato varianta bude v následující kapitole rozpracována včetně vývoje od prostorové studie až po finální konstrukční návrh aplikovaný v závodě u zákazníka.

4. Návrh a konstrukce vlastního přípravku

Vývoj a návrh vlastního hydraulického typu přípravku přípravku můžeme rozdělit do několika etap:

1. Vyjasnění technologie, podklady od zákazníka k výrobkům a stroji
2. Prostorová studie (konzultace se zákazníkem)
3. Návrh principů středění, upínání a přidržování obrobku
4. Stanovení postupu zakládání/ výměny kusů
5. Konstruování jednotlivých funkčních uzlů
6. Celkový konstrukční návrh (konzultace se zákazníkem)
7. Zapracování připomínek a finální konstrukce (včetně spojovacího a instalačního materiálu)

Následující kapitoly budou pojednávat o vývoji konstrukce hydraulického upínacího přípravku pro hák KHSW-13 ve firmě Hofmeister s.r.o.

Představení společnosti

Firma Hofmeister s.r.o. se zabývá nástroji, obráběním, výzkumem a vývojem technologií obrábění a mikroobrábění, tvorbou technologií obrábění včetně programování, konstrukcí speciálních nástrojů a vývojem a konstrukcí přípravků pro obrábění a měřicích přípravků.

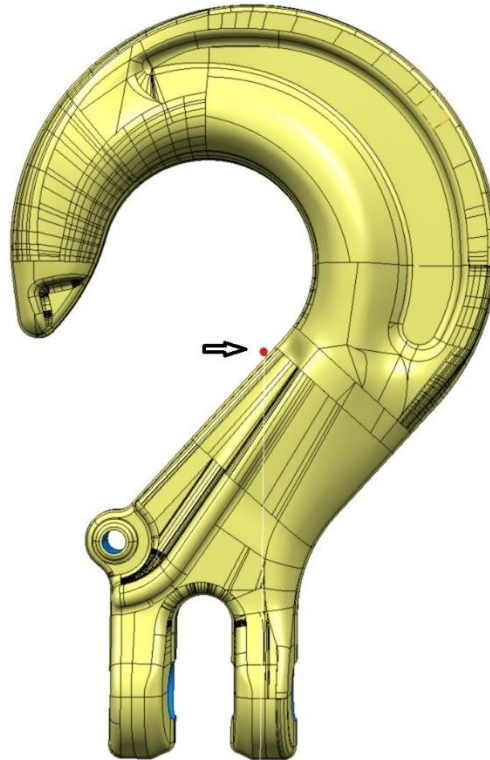


Obrázek 4.1 Budova výroby a vývoje firmy Hofmeister s.r.o. [22]

4.1 Poklady od zákazníka-popis výkovku

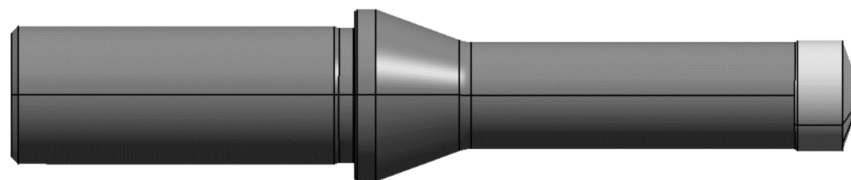
Na základě dodaných podkladů od zákazníka, jak je již zmíněno ve výčtu výše, se první etapa zaměřuje na podklady k výrobkům a stroji. Následuje zpracování prostorové studie. Na Obr. 4.2 můžeme vidět řešený výkovek KHSW-13 včetně naznačených obráběných ploch modrou barvou. K obrábění bude využito výhradně technologie vrtání. Předpokládán roční

objem výroby je 20 561 kusů. Jak můžeme vidět z Obr. č. 4.2 těžiště výkovku je vyoseno od středu spodní vidličky pro čep a závlačku. Tato skutečnost značně komplikuje budoucí návrh a stabilitu při upnutí, středění, zakládání, či přidržení výkovku v přípravku. Také to znamená větší koncentraci váhy na jedné straně vidličky a tím způsobené sklony k nestabilitě a překlápění a z toho vyplývající vysokou míru stupňů volnosti v prostoru. Součást je již u zákazníka vyráběna na přípravku ve verzi s hydraulicko-mechanickým upnutím a manuálním zakládáním. Požadavkem je nahrazení tohoto řešení řešením hydraulickým včetně umožnění kompletní automatizace a robotizace ve formě malé linky.



Obrázek 4.2 Řešený hák KHSW-13 se znázorněným těžištěm

Velkým přínosem a inspirací byla návštěva v závodě u zákazníka před začátkem vývoje přípravku. Rozpravou nad zadanými výkovky a u některých typorozměrů i rozebrání jejich současného řešení obrábění aplikované v provozu poskytlo dostatek zásadních informací pro vytyčení stěžejních uzlových bodů jednotlivého konstrukčního řešení a umožnilo efektivní vývoj přípravku již od prvotních kroků. Zde nám byly předloženy i první návrhy nástrojů pro technologii, nejvýznamnějším byl vrták průměru 16,5 pro vrtání díry pro čep. (Obr. 4.3)



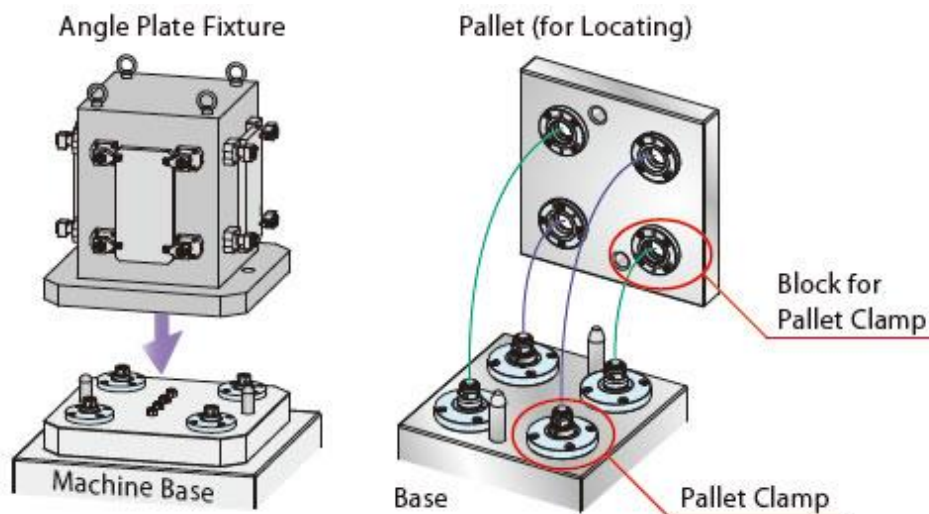
Obrázek 4.3 Korunový vrták DCN-160-048-20A-model

Stroj, pro který je přípravek určen je horizontální dvoupaletové frézovací centrum HX 630G od výrobce Kitamura Machinery LTD. Rozměry a půdorys stroje je možné vidět v Příloze 1. Vlastnost stroje pro osazení dvou palet nám umožní minimalizovat vedlejší časy výměny kusů a tím i zefektivnění výroby.

4.2 Prostorová studie

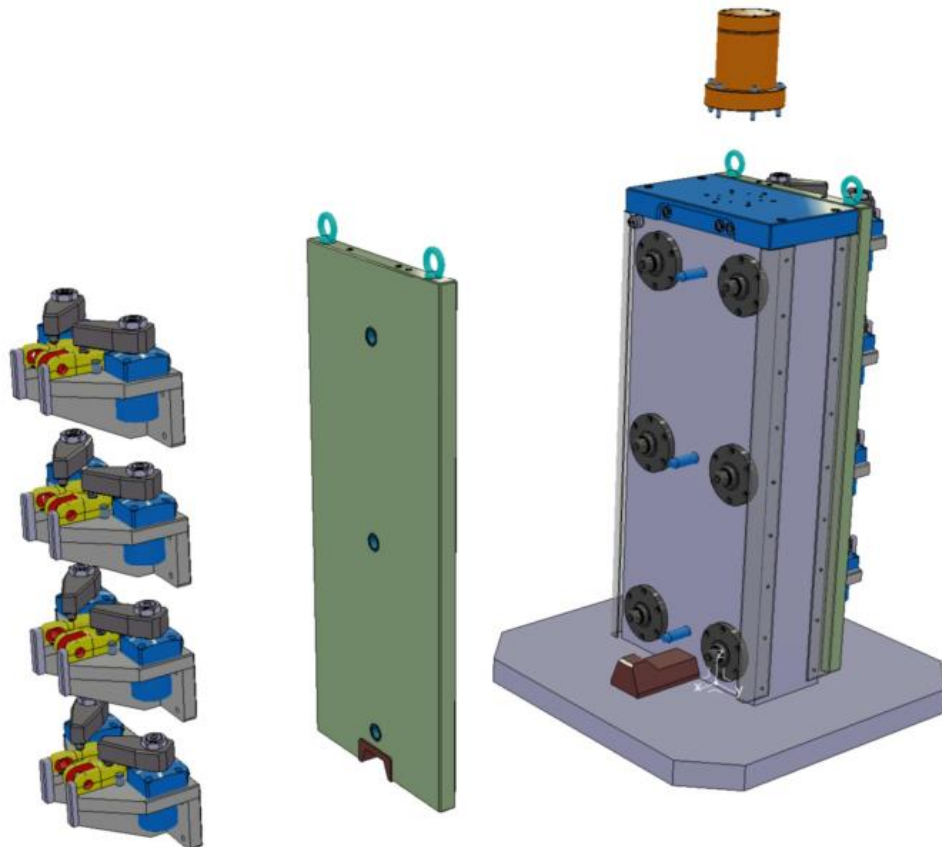
Prostorová studie je prvním návrhem přípravku a rozložením řešených prvků v prostoru včetně vizuálního softwarového řešení. Kromě toho zahrnuje také návrh například hydraulických či pneumatických systémů, či výčet použitých normalizovaných prvků. Názorněji můžeme danou vývojovou etapu popsat na Obr. 4.4. Rozpad vyobrazené sestavy znázorňuje návaznost jednotlivých prvků a jejich umístění v prostoru. Na obrázku již můžeme vidět základní univerzální upínací věž opatřenou středícími prvky zajišťující jednoznačnou polohu výměnné desky řešené paletovým systémem. Středící prvky mají za cíl zajistit jednoznačnou polohu středěného prvku s vysokou opakovatelností. V horní části věže je připevněna rotační jednotka zajišťující přívod a rozvod médií do jednotlivých hnízd přípravku. Přívod médií do rotační jednotky je zajištěn pomocí pantografu. Ve spodní části věže na stole můžeme vidět první verzi hrubého navádění desky při výměně jednotlivých desek s přípravky a zároveň pojistku proti vyklápění při ustavování nové desky. Na výše zmíněném prostorovém návrhu není vyobrazen přípravek pro hák KHSW-13 a slouží čistě k popisu všeobecného principu modularity kompletního řešení, kde naznačená hnízda a s nimi svázané unikátní desky podle potřebných kanálů pro přívod médií jsou řešeny speciálně pro každý topový výrobek zvlášť.

Původní systém nulových bodů zobrazený v prostorové studii byl komplexním pneumaticky či hydraulicky řízeným řešením od firmy Kosmek LTD. Tato firma u tohoto typu středícího nástroje garantuje opakovatelnost upnutí $\pm 3 \mu\text{m}$ na 1 milion cyklů a upínací síly od 2,5 do 40kN. Dále nabízejí také zpětnou vazbu v tomto případě nezbytnou pro informaci pro robota, zda je paleta správně založena a je ideálním řešením pro přípravky s vysokou mírou robotizace a automatizace. Je zde i možnost ofuku a jsou bezúdržbové. Tento systém je později nahrazen vlastním řešením nulových bodů a středících prvků a bude detailněji popsán v následujících kapitolách. Hlavním důvodem nahrazení komplexního řešení od firmy Kosmek LTD. byla především cena.



Obrázek 4.4 Systém středících bodů Kosmek [17]

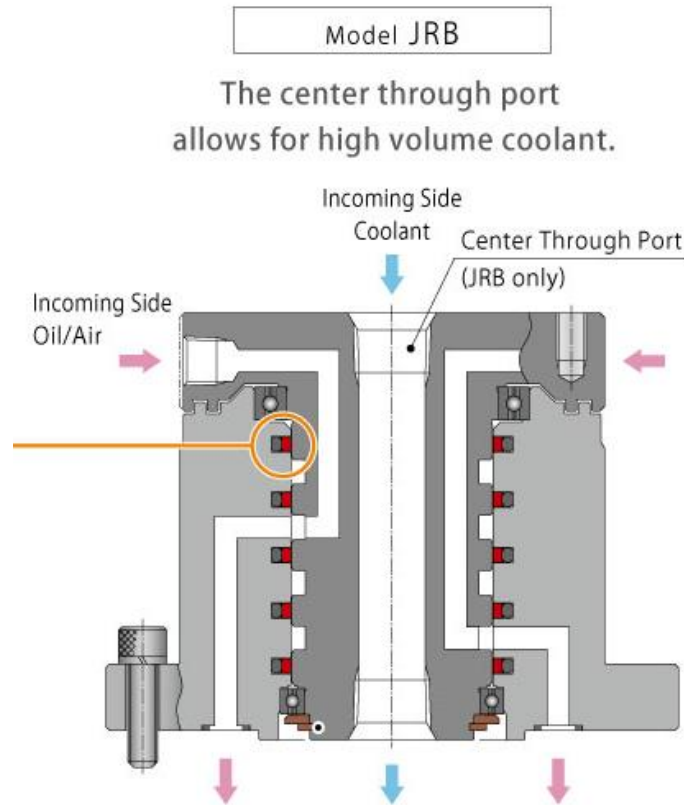
Co se týče hlavní věže, jak je vidět na Obr. 4.5, je uzpůsobena pro dvě upínací desky, tedy, v tomto případě, osazení celkem 4 hnízd výkovky. Můžeme vidět, že pro pohodlnější osazení desky na věž je v původním konstrukčním návrhu navrženo řešení základu ve spodní části desky pomocí „nosu“. U toho prvku je primární funkcí zabránění vyklopení při osazování novou deskou a následně i hrubé navedení sestavy na systém nulových bodů. V horní části věže je naznačena rotační jednotka pro přívod médií naznačena oranžovou barvou a také lišty pro snazší osazení věže danou deskou.



Obrázek 4.5 Původní prostorová studie-rozpad

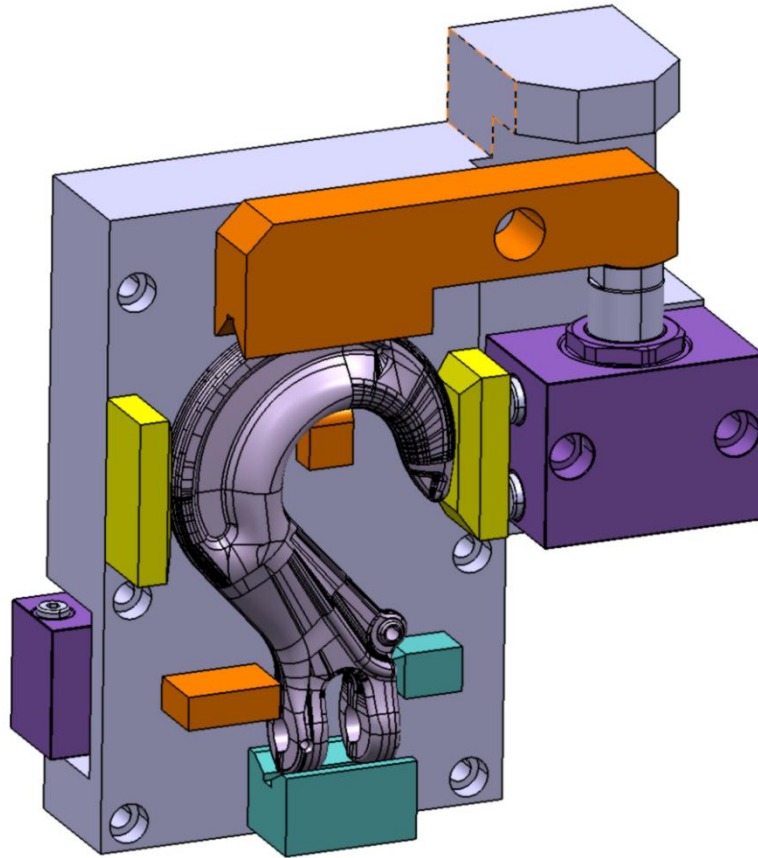
4.3 Návrh principů středění obrobku, jeho upínání a přidržování pro robota

Principy středění a jeho upínání jsou stěžejní částí konstrukčního řešení. Návrh těchto principů vychází z požadavků výkresové dokumentace dané součásti a jí předepsanými tolerancemi. (Příloha 1) Principy upínání je následně důležité svázat s požadavky zákazníka a technickými možnostmi daného stroje či linky. V tomto případě také vzít v potaz možnosti přívodu jednotlivých médií. Přívod hydrauliky a vzduchu byl nejdříve navržen přes rotační jednotku s 8 kanály. Konečná verze rotační jednotky v horní části věže zajišťující přívod kapalin umožňuje přívod médií celkem 7 kanály. Jedná se o verzi jednotky JRB0610 Obr 4.6 6+1 tedy umožní přívod celkem 4 kanály hydrauliku, 2 vzduchové kanály určené pro detekci a 1 středový otvor pro ofuk vzduchem. Dále je důležité vzít v potaz, zda se obrobek bude zakládat manuálně nebo, jako v tomto případě, roboticky a tím pádem i uzpůsobit daným požadavkům celkové řešení. Rozdíly v lidském a robotickém řešení budou rozebrány později v této kapitole.



Obrázek 4.6 Rotační jednotka – typ JRB [17]

Prvním řešením principů upínání můžeme vidět na Obr. 4.7. Toto řešení je částečně inspirované současným ověřeným hydraulicky řízeným řešením používaným u zákazníka. Rozdíl oproti současnému řešení v provozu je především v přidržovacích prvcích, neboť, jak bylo zmíněno výše, deska s hnízdy bude osazena dvěma hnízdy obráběnými v jednom cyklu, a proto je třeba implementovat mechanismus, který znemožní výkovku během osazování jednoho či druhého hnízda vypadnout, dokud nebudou osazena obě hnízda výkovky. Takovýmto řešením zde byla navržena soustava listových pružin. Na modelu Obr. 4.7 hrubě naznačena žlutou barvou a pojištěna pohyblivým jazykem označeným oranžově za výkovkem. Oranžovou barvou jsou zde také označeny pohyblivé prvky zajišťující upnutí či předepnutí nezbytné pro zajištění dostatečné tuhosti při procesu obrábění. Chybou v tomto návrhu z prvotní studie bylo přeúčtení celkové sestavy. Původní mechanismus upnutí byl navržen přes dva dvojčinné hydraulické písty. Jeden působící přes páku upínající výkovek ve vertikálním směru působící vůči spodnímu prisma s úhlem 120° , druhý, částečně schovaný za základní deskou působící v horizontálním směru na vidličku výkovku proti pevnému dorazu naznačeném zelenou barvou.

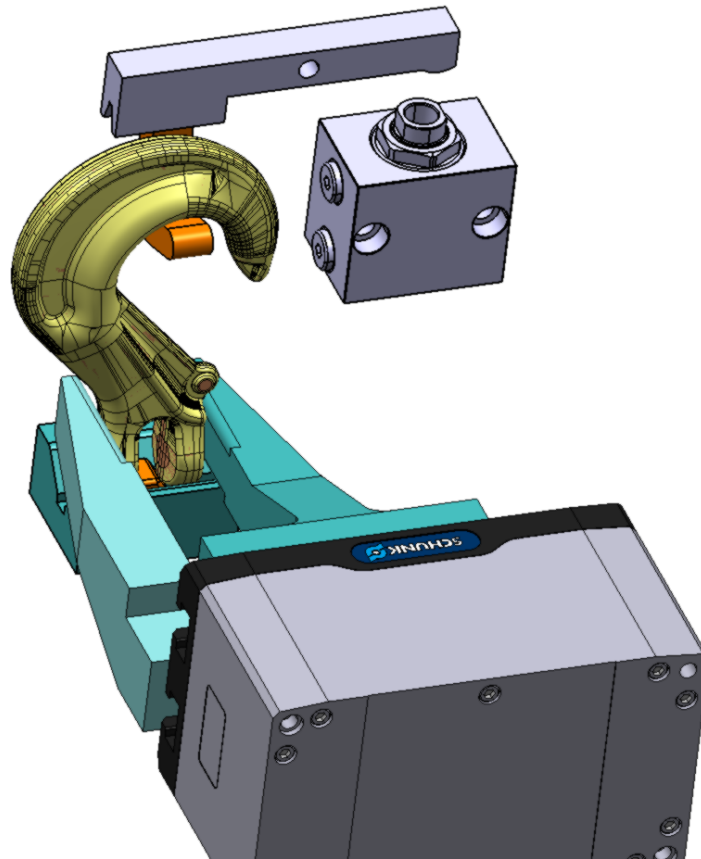


Obrázek 4.7 Prvotní koncept hnízda pro hák KHSW-13

4.4 Stanovení postupu zakládání a sekvence upínání

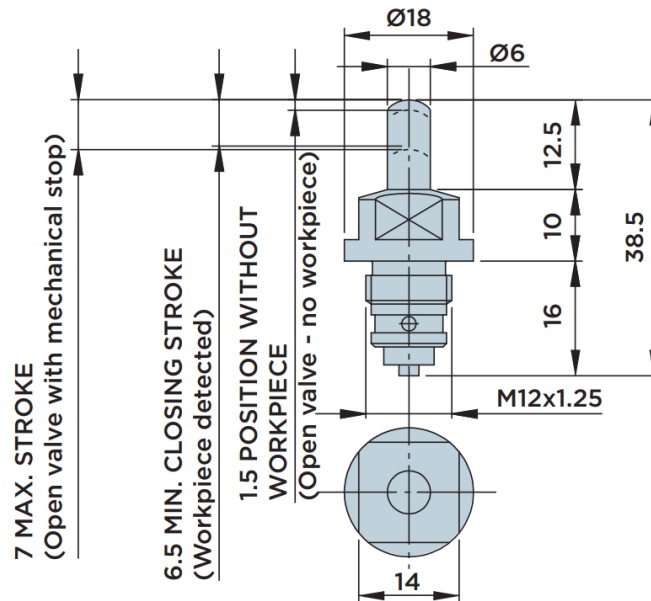
Po vyjasnění stěžejních principů a mechanismů upínání přichází na řadu určení sekvence zakládání a upínání obrobku. V případě přípravku pro hák KHSW-13 se jednalo o cestu s množstvím změn a různých návrhů spjatých ať už s nerovností ploch, nestabilitou výkovku, či nerovnoměrným rozložením váhy a umístěním těžiště mimo těleso a také typem chapadel použitých u robotického zakládání. Nešlo tedy pouze o samotnou sekvenci a uložení výkovku do hnízda, ale také o problematické uchopení výkovku a následné přenesení do prostoru stroje.

Jak již bylo zmíněno výše, zakládání kusů do hnízda bude probíhat kompletně bez přítomnosti či přičinění operátora. Proto je nutné nalézt jednoznačné řešení problému zakládání s ideálně žádným, nebo minimálním prostorem pro chybu, kterou bude možné rozeznat pomocí detekce, ať už vzduchem, či laserem. Největším rozdílem proti zakládání výkovku za pomoci operátora je absence vyšetření ergonomie zakládání operátorem, na druhou stranou je nutné vyšetřit prostorovou dostupnost robotem a jak již bylo zmíněno, zajištěnou opakovatelnost zakládání. Další nevýhodou je nemožnost vizuální kontroly, pokud by u robota nebylo možno využít například kontrolu pomocí laserové detekční technologie.



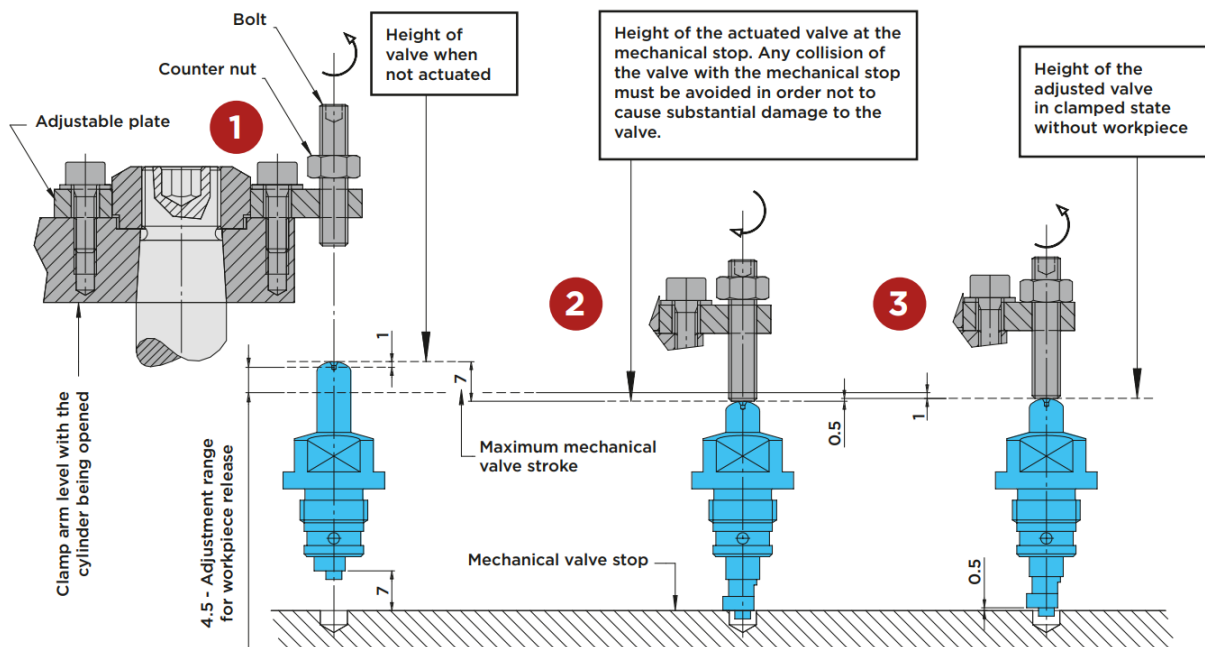
Obrázek 4.8 Návrh upínání a zakládání pro prvotní návrh uchopení výkovku

Z prvotního doporučeného typu uchopení výkovku musel vycházet i systém středění a upínání. Doporučené uchopení zákazníkem mělo být uskutečněno přes spodní část výkovku přes vidličku pro závlačku a čep. Oproti prvotnímu návrhu z Obr. 4.7 je patrná první změna v konstrukci upínání, kterou je vidět na Obr. 4.8 a tou je nový systém středění vnořený do spodního prisma a systém přidržení před upnutím. Zakládání by se provádělo zaháknutím za horní háček a uložení na spodní prisma. Listové pružiny byly nahrazeny jedním háčkem na pružině, který zajišťuje přidržení a funguje jako pojistka proti vypadnutí z hnízda. Další změnou je odebrání pevného dorazu ve spodní části v horizontálním směru, primárně kvůli výše popsanému typu uchopení pomocí robota, a nahrazení středícím čepem na pružině, který měl zajišťovat jednoznačnou polohu výkovku. Zpětná vazba pro robota bude zprostředkována pomocí pneumatického detekčního systému VCS od firmy Hydroblock s.r.o., který můžeme vidět na Obr. 4.9.



Obrázek 4.9 Obrázek detekce VCS od firmy Hydroblock s.r.o.

V kombinaci s SR cylindry tvořícími soustavu určenou právě pro detekci pracovní pozice při procesu automatizace a robotizace v rozsahu v rádech milimetrů a zároveň obsahují prevenci proti kolizi a schopnost rozeznání 3 poloh: Nedostatečně zmáčknuté, ideálně zmáčknuté a příliš zmáčknuté ustavení výkovku. Tato funkce je v případě tohoto přípravku velmi cenná, neboť nemůže být zcela vyloučena chyba založení robotem, a proto je třeba tuto případnou chybu rozeznat detekčním systémem jako je tento. Funkce tohoto systému je

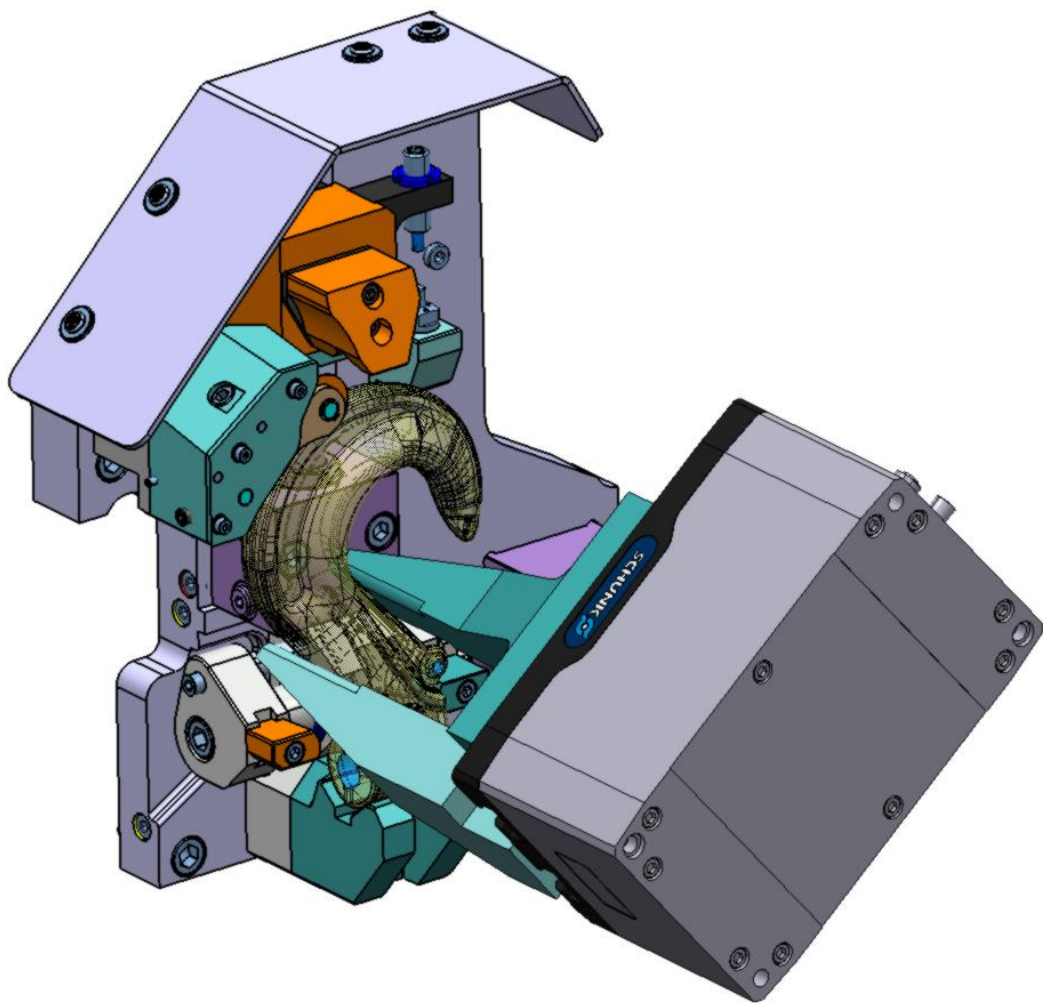


zobrazena na Obr. 4.10.

Obrázek 4.10 Funkce systému VCS a SR cylindru

Jelikož jedním z dalších požadavků bylo unifikované chapadlo robota pro co největší počet typovýrobků, bylo důležité odzkoušet jeho funkčnost v provozu a provést testy a případně

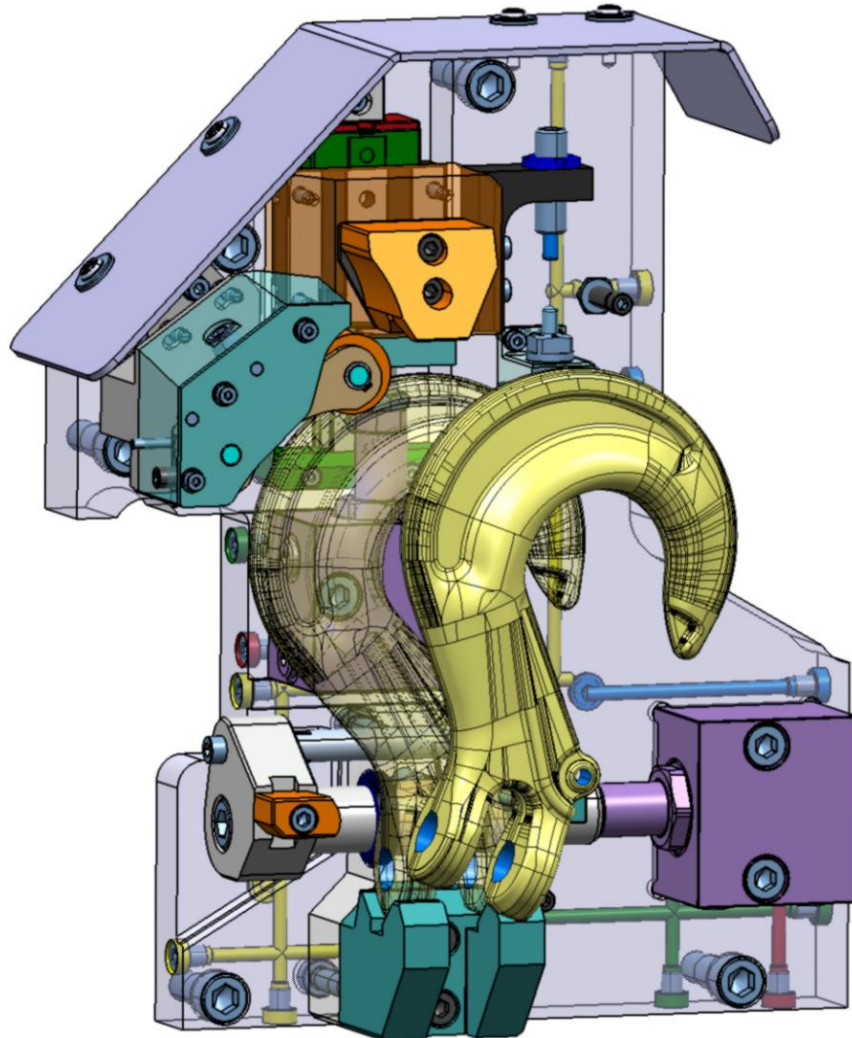
zpracovat nové návrhy úchopu jednotlivých výkovků. Ať už za jiné dosedací plochy nebo změnou chapadla. Po těchto testech, které nespádaly do režie firmy Hofmeister s.r.o. a na základě návrhu nového typu přidržovacího mechanismu bylo rozhodnuto, že v případě háku KHSW-13 dojde ke změně technologie uchopení výkovku za středovou část „krku“ háku, jak je možné vidět na Obr. 4.11. Bylo tedy nutné vypracovat nový návrh zakládání a přidržení háku, který bude zároveň souviset s vývojem nového mechanismu přidržení a bude detailněji popsán v následující kapitole. Vývoj nového mechanismu pro přidržení je nezbytný, neboť se jednoduchý pohyb robota pro zaháknutí ve vertikálním směru změní na složený pohyb umožňující zákruz obrobku do prismatu v jeho ose. Díky tomuto novému systému uchopení a řetězci zakládání bude zajištěna stabilnější poloha obrobku před samotným upnutím a minimalizuje se tím také prostor pro chybu.



Obrázek 4.11 Nový návrh uchopení

Na Obr. 4.12 si můžeme všimnout několika zásadních změn oproti základnímu konceptu, první z nich je nahrazení systému středění přes trn vnořený do spodního prisma novým pákovým mechanismem, který, jak již bylo zmíněno výše, bude detailněji popsán v následující kapitole. Tento mechanismus plně přebírá funkci trnu a funguje zároveň jako

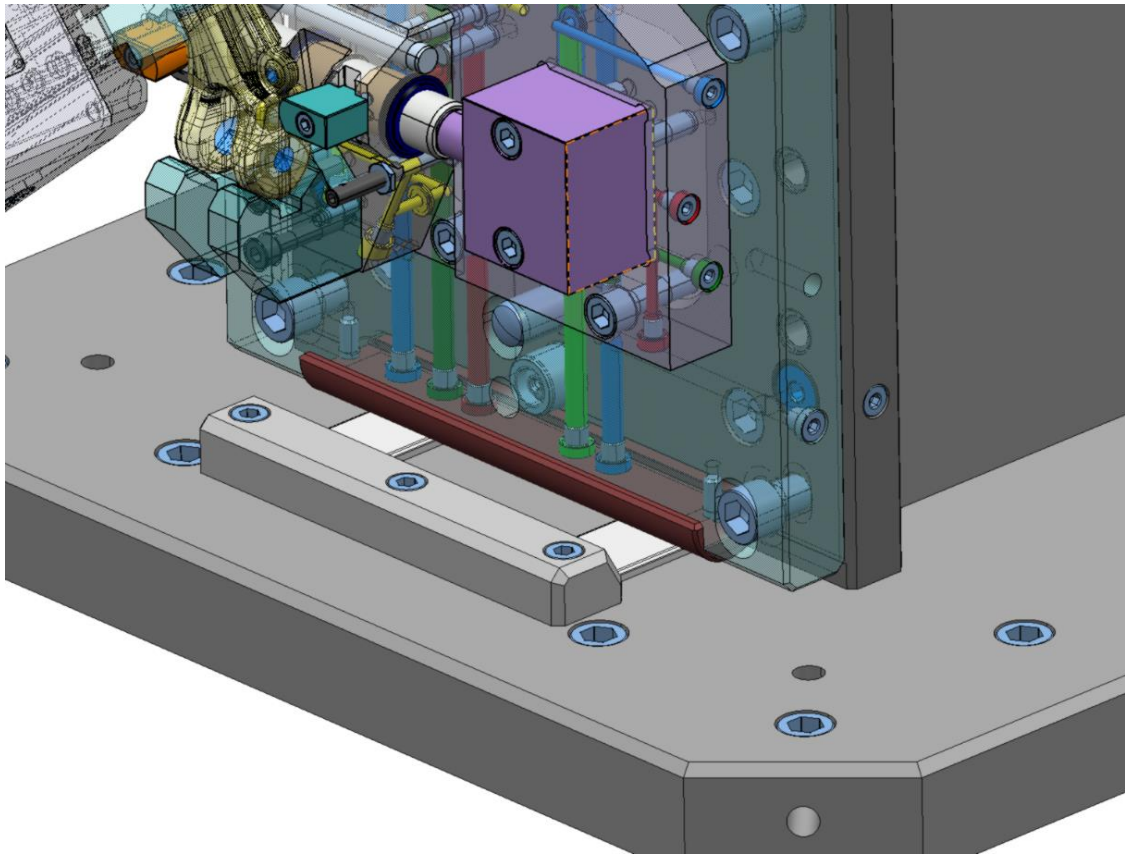
přítlačný mechanismus a také jako prvek zajišťující předstředění před samotným upnutím. Tím pádem došlo také k nahrazení původního háčku, který měl zajišťovat přidržení, dokud nebudou osazena všechna hnízda a dojde k upnutí.



Obrázek 4.12 Finální zakládání

4.5 Konstruování jednotlivých funkčních uzlů

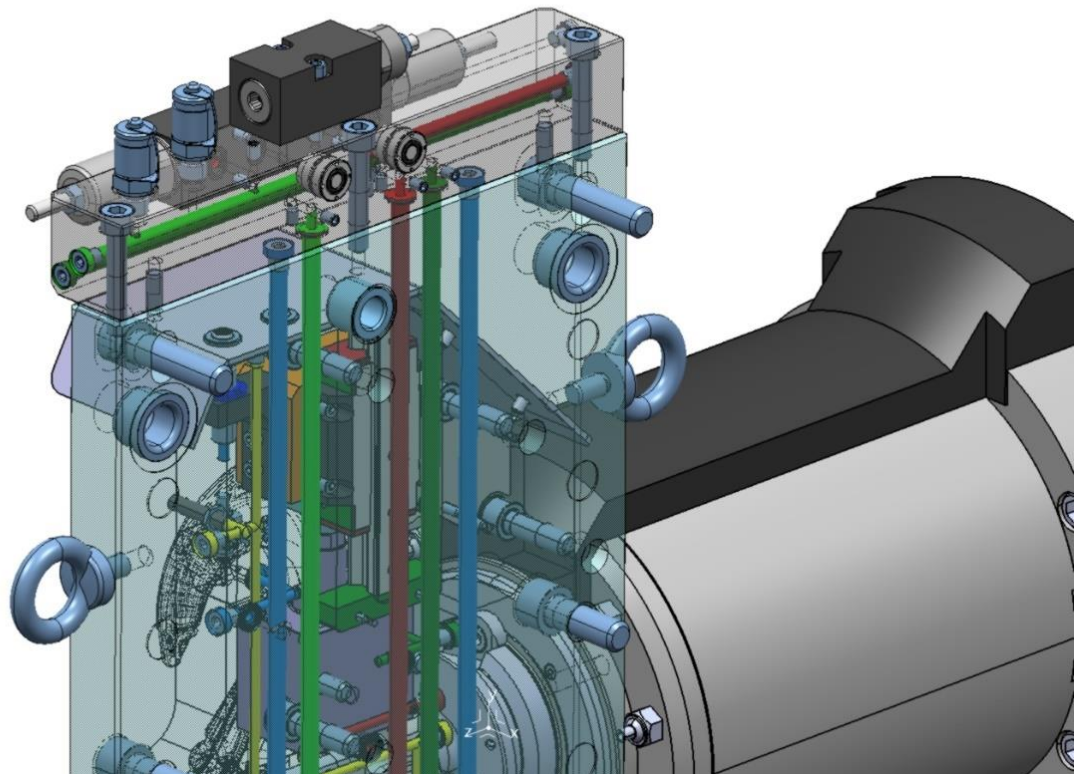
Pod kapitolou konstruování funkčních uzlů si lze představit část vývoje, která shrnuje veškeré vytyčené body zmíněné v předchozích kapitolách. Jedná se o stěžejní část vývoje přípravku, která v sobě obsahuje využití konstruktérských zkušeností, znalostí a kreativity za účelem navržení efektivního a spolehlivého přípravku.



Obrázek 4.13 Systém zákluzu

Na obrázku Obr. 4.13 můžeme vidět finální návrh systému zákluzu pro desky s hnízdy. Na Obr. 4.13 je vidět, že systém navádění pomocí nosu byl nahrazen jednoduchými kluznými prvky ve formě plochých lišt a tvrdým tvarovým zákluzem naznačeným červeně na straně desky s hnízdy. Vyklonění desky od hlavní věže je zabráněno pevným dorazem. Princip spočívá ve skluzu desky po lištách a najetí na hrubé naváděcí pouzdra Obr. 4.14 a následně přesné středící kolíky.

Na Obr. 4.14 můžeme vidět změněný systém středění desky s hnízdy vůči centrální věži. Oproti komplexnímu řešení od firmy KOSMEK LTD. zmíněné v předchozí kapitole bylo nutné využít několika středících prvků od firmy KIPP CZ s.r.o., které v návaznosti na sebe zajišťují obdobnou funkci s nižšími náklady na úkor absence detekce správného usazení desky.

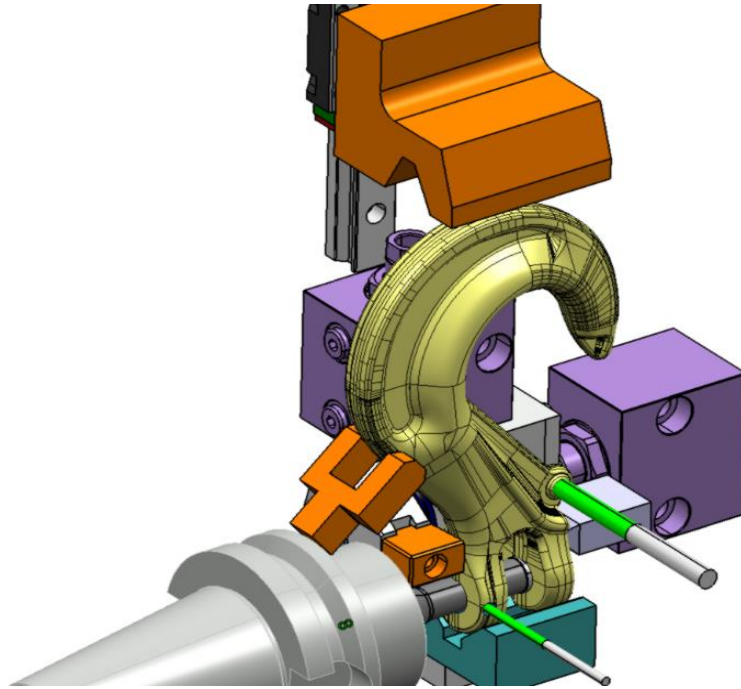


Obrázek 4.14 Systém středících bodů a bezúkapové rychlospojky

Tato kapitola se dále bude primárně soustředit na vývoj mechanismu přidržení výkovku před samotným upnutím, vývoj jednotlivých navržených typů a důvody zapracovaných změn.

První dvě řešení přidržení jsou spjaté s prvotním návrhem zakládání výkovku za vidličku. Jak bylo vidět na Obr. 4.8 je přidržení zajištěno pomocí jednoduchého háčku na pružině. Původní myšlenka byla, že tuhost dané pružiny bude natolik nízká, že umožní pohyb háčku v horizontálním směru při předpínání či upínání výkovku. Po sestrojení jednoduchého prototypu pro tento typ výkovku bylo zjištěno, že mechanismus bude nutné nahradit, kvůli negativnímu vlivu na stabilitu uložení výkovku z důvodu umístění těžiště samotného výkovku mimo těleso a zároveň mimo osu vidličky, která má fungovat jako opěrná část při upínání a poskytovat dva stabilní opěrné body.

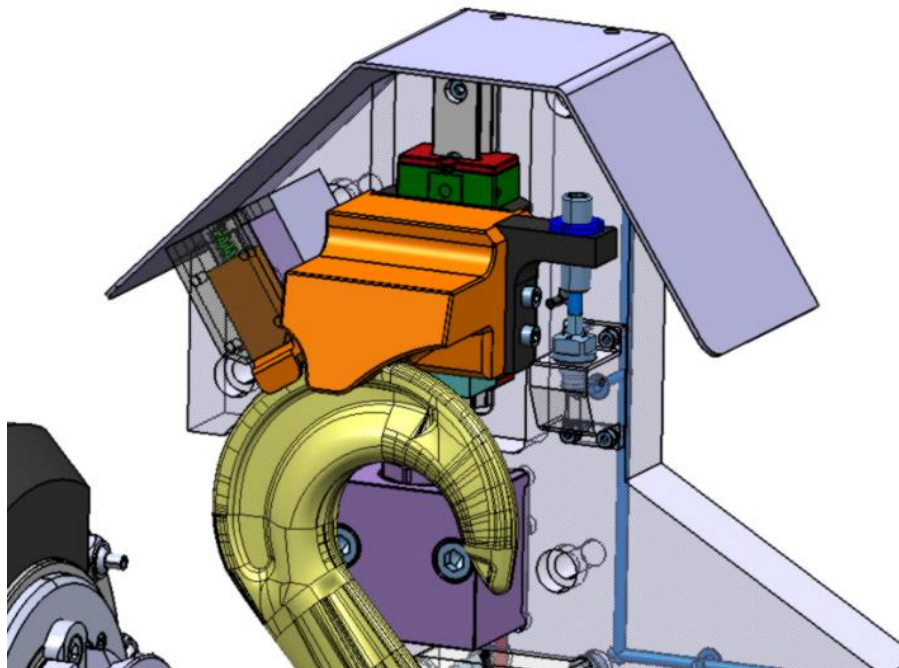
Tento systém byl tedy následně nahrazen jednoduchou vidličkou volně působící v místě „krku“ háku, jak můžeme vidět na Obr. 4.15 naznačeno oranžově. Toto řešení kompenzovalo nerovnoměrné rozložení hmotnosti na vidličku výkovku od vlastní hmotnosti poměrně věrohodně a bylo posouzeno jako dostatečné ve výše popsané myšlence a měl probíhat jeho následný vývoj.



Obrázek 4.15 Systém přidržení vidličkou

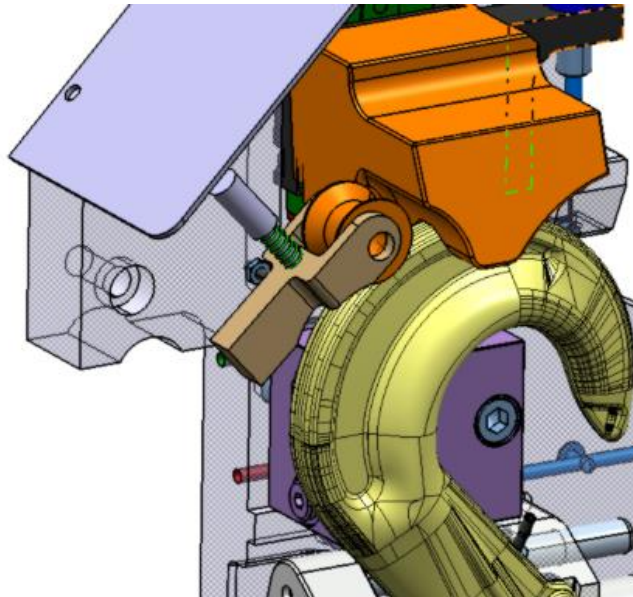
Změnu v tomto ohledu však přinesl nový návrh uchopení výkovku, který byl popsán již v přechozí kapitole na Obr. 4.12 Změnou místa uchopení vznikla i kolize mezi navrhnutým typem přidržení a chapadlem robota při zakládání. Proto bylo nutné nalézt nový způsob přidržení včetně nového místa působení přitlačné síly.

Nový typ pomocného mechanismu je možné vidět na Obr. 4.16. Jedná se o jednoduchý lineární pružinový mechanismus s pohyblivým přitlačným prstem tvarově uzpůsobeným pro předstředění výkovku při zakládání zákluzem do tohoto prisma. Celý domek s mechanismem je možné polohovat a měnit tak působíště síly přitlačného palce. Nevýhodou tohoto řešení by však byly velké třecí síly při zakládání výkovku a nemožnost kompenzace odchylek rozměrů výkovku daných povahou výroby výkovků.



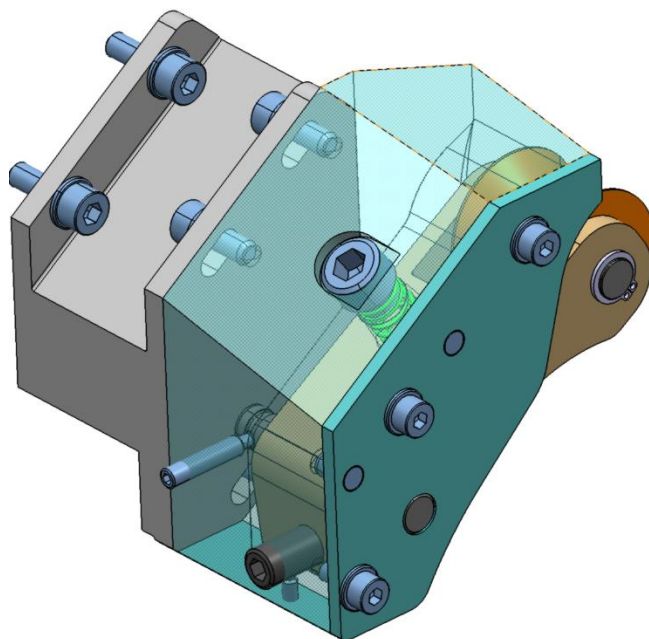
Obrázek 4.16 Předstředění lineárním prisma

Z těchto důvodů byl vytvořen nový návrh na principu kladky s přitlačnou pružinou, jehož prvotní naznačení je vidět na Obr. 4.17. Toto řešení umožňuje kompenzaci odchylek rozměrů výkovku v axiálním směru tvarového kladkového prisma a zároveň téměř bodový dotek a tím minimalizace tření při zakládání. Výše popsané výhody tohoto řešení byly natolik velkým benefitem, že byl proveden jeho kompletní vývoj až k finálnímu řešení, které je možné vidět na Obr. 4.18.



Obrázek 4.17 Prvotní návrh kladky

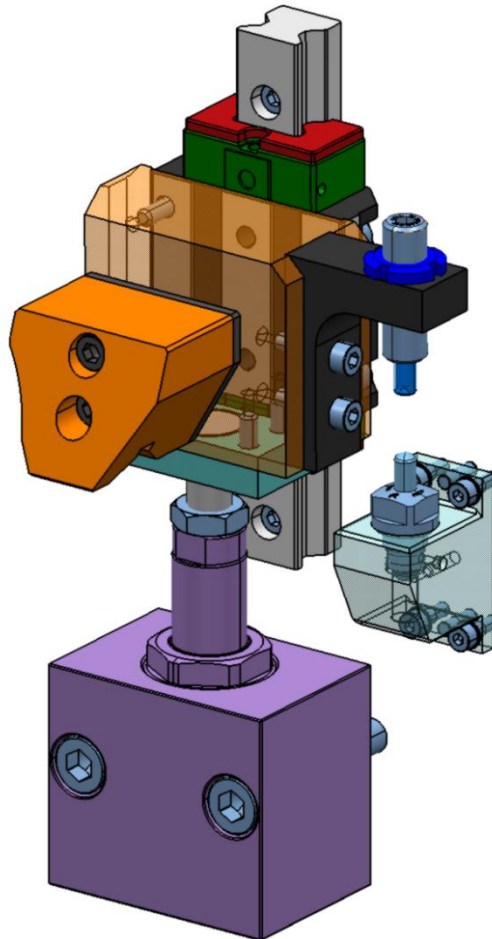
Toto řešení zahrnuje základní domek pro kladku, která rotuje kolem jednoduché hřídelky. Omezena je nastavitelným červem z levé strany pojištěným šroubem proti povolení. Jak bylo zmíněno předstředění je realizováno tvarovým prisma axiálně volným s vůlí 2 mm pro kompenzaci odchylek z výroby. Kladka je odtlačována pružinou s možností nastavení rozsahu působící síly. Celá soustava je zakrytovaná a opatřená kalenými kolíky pro zamezení volného vnikání nečistot a třísek do pružinového mechanismu. Celý domek s touto sestavou je umístěn na konzoli umožňující nastavení působíště síly od kladky na jednoduchých slotech.



Obrázek 4.18 Finální mechanismus přidržení

Dalším významným vývojovým cyklem prošla sestava horního upínání, kde bylo nezbytné vyřešit nespočet kolizí. Ať už mezi jednotlivými sestavami a mechanismy hnízda, kritických míst možností hromadění třísek, či nezbytná kontrola jednotlivých komponent.

U horního upínání byla nezbytná kontrola upnutí a zároveň zjištění odolnosti zvoleného vozíku proti momentu při upínacím cyklu, který v ose otáčení dovoval moment 460 Nm. Skutečnost, že vozík by měl odolat působení síly od lineáru a od nich vznikající moment dokazují výpočty (6), (7) a (8).



Obrázek 4.19 Sestava horního upínání

Na základě výběru vrtáku byl proveden výpočet řezných sil od vrtání díry pro čep pomocí řezného odporu. Posuv na otáčku f byl zvolen 0,1 mm pro ocel s $R_m = 750$ MPa.

VÝPOČET ŘEZNÝCH SIL OD VRTÁKU DÍRY PRO ČEP PRŮMĚR 16,5 (viz. příloha1)

$$k_c = (3 \div 6) \times R_m = 4,5 \times 750 = 3375 \text{ MPa} \quad (9)$$

$$F_c = k_c \cdot \frac{f \times D}{2} = 3375 \times \frac{0,1 \times 16,5}{2} = 2784,38 \text{ N} \quad (10)$$

$$M = F_c \cdot \frac{D}{4} = 2784,38 \times \frac{16,5}{4} = 11,486 \text{ Nm} \quad (11)$$

| Typ | Montážní rozměry [mm] | | | Rozměry vozíku [mm] | | | | | | | | | | | | | | Rozměry kolejnice [mm] | | | | | | | Montážní šrouby pro kolejnici [mm] | Dynamické zatížení C_{dyn} [N] | Statické zatížení C_0 [N] | Statický moment | | | Hmotnost | |
|----------|-----------------------|----------------|------|---------------------|----|----------------|----|----------------|----------------|-------|-----|----|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|-----|-----|-----|------|---|---------------------|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------|------------|------------------|--|
| | H | H ₁ | N | W | B | B ₁ | C | C ₁ | L ₁ | L | G | M | T | T ₁ | H ₂ | H ₃ | W _R | H _R | D | h | d | P | F | M _x [Nm] | | | | M _y [Nm] | M _z [Nm] | Vozík [kg] | Kolejnice [kg/m] | |
| RGW 15CC | 24 | 4,0 | 16,0 | 47 | 38 | 4,5 | 30 | 30 | 45,0 | 68,0 | 5,3 | M5 | 6,0 | 7 | 3,6 | 6,1 | 15 | 16,5 | 7,5 | 5,3 | 4,5 | 30,0 | * | M4x16 | 11300 | 24000 | 311 | 173 | 173 | 0,23 | 1,80 | |
| RGW 20CC | 30 | 5,0 | 21,5 | 63 | 53 | 5,0 | 40 | 40 | 57,5 | 86,0 | 5,3 | M6 | 8,0 | 10 | 4,3 | 6,5 | 20 | 21,0 | 9,5 | 8,5 | 6,0 | 30,0 | * | M5x16 | 21300 | 46700 | 467 | 460 | 460 | 0,44 | 2,76 | |
| RGW 20HC | | | | | | | | | 77,5 | 106,0 | | | | | | | | | | | | | | | 26900 | 63000 | 872 | 837 | 837 | 0,62 | | |

Obrázek 4.20 Hodnoty pro ložiskový vozík RGW_20CC [23]

Zajištěné upínací síly u použitého pístu DBC 0320 od firmy Kosmek LTD. jsou v tahu 0,49xP a 0,8 x P v tlaku, kde P je použitý tlak v rámci soustavy. V našem případě 6MPa.

VÝPOČET SIL HYDRAULICKÉHO LINEÁRNÍHO PÍSTU DBC 0320

$$F_{LTah} = 6 \cdot 0,49 = 2940 \text{ N} \quad (6)$$

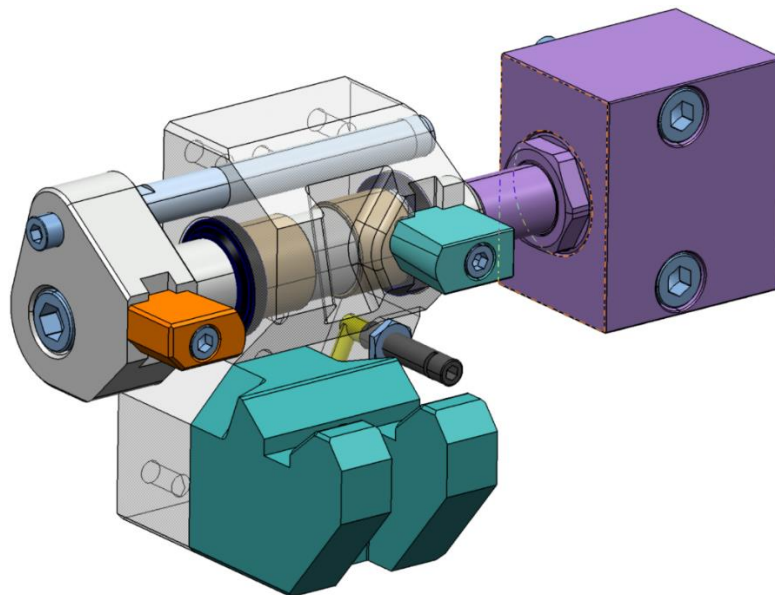
$$F_{LTlak} = 6 \cdot 0,8 = 4800 \text{ N} \quad (7)$$

Dovolený moment 460 Nm v ose Y můžeme vidět na Obr. 20. z katalogu firmy Hiwin s.r.o.

VÝPOČET MOMENTU OD LINEÁRNÍHO PÍSTU V OSE PRISMA

$$M_{LTlak} = 0,066 \cdot 4800 = 316,8 \text{ Nm} < 460 \text{ Nm} \quad (8)$$

U sestavy spodního upínání bylo nutné zajistit pohodlný odchod třísek, tomu mají napomoci tvarově upravené plochy a zkosení umožňující snadnější odvod třísek v kombinaci s pulzním vzduchovým ofukem na Obr.4.21 označeno šedou barvou. Dále byla zákazníkem potvrzena možnost oplachu hnízd z vřetene stroje v průběhu obráběcího cyklu. Bylo třeba dbát i na vyloučení kolize od nástroje či vřetene s přitlakem při procesu obrábění.



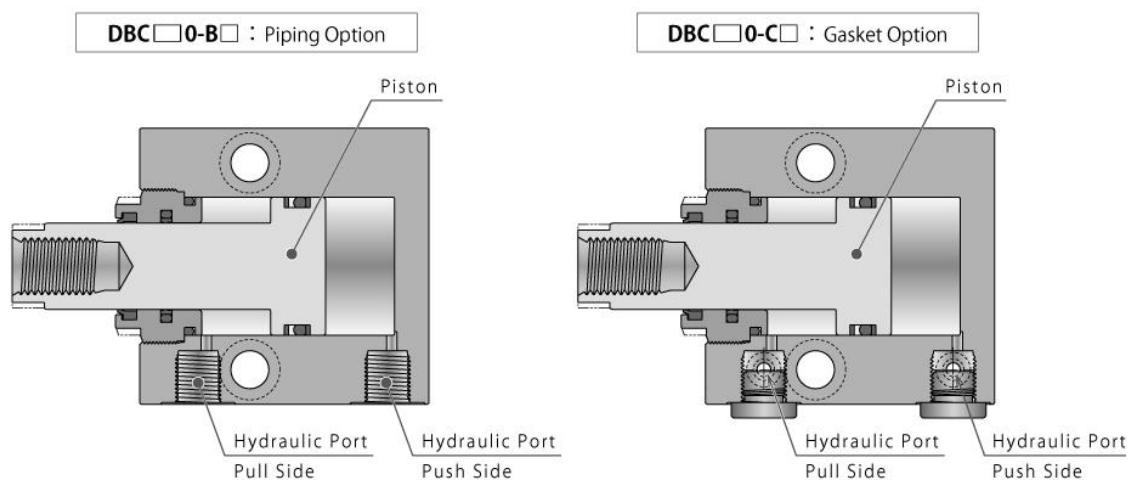
Obrázek 4.21 Sestava spodního upínání

4.6 Celkový konstrukční návrh

Finální řešení konstrukce vychází z předchozích vývojových etap. Všechny připomínky zákazníka jsou v tomto konceptu zapracovány a zohledněny k docílení reálného řešení. Průnikem je často kompromis mezi těmito dvěma návrhy a následná změna koncepce či konstrukce jednotlivých mechanismů nebo stěžejních konstrukčních uzlů. Na základě těchto nově vytyčených bodů může dojít i v rámci vývoje ke krokům “zpět”. Jako například v tomto případě, kdy bylo nutné na základě nového požadavku obrábění díry průměru 8 mm zvažovat přesun přípravku na desce o několik milimetrů oproti předchozímu řešení, kdy byla celá základní deska hnízda posunuta a vyosení blíže k jedné straně, neboť vycházela z původní navrhované technologie obrábění z levé strany při pohledu na desku s hnízdou. Díky tomuto přesunutí lůžka blíže k jedné straně bylo cílem dosažení menšího vyložení nástroje a délky upínače a tím i zvýšení tuhosti soustavy SNOP. Zapracování změn a posun základní desky hnízda v sobě skrývá nespočet úskalí, se kterými je třeba počítat a následně měnit, jako například opětovná kontrola kolizí, přesun děr pro šrouby a kanály nebo dokonce kompletní změny designu jednotlivých součástí.

V následující kapitole bude shrnuto celkové konstrukční řešení, vysvětlena celková myšlenka finální verze sekvence upínání, jednotlivých mechanismů upínání a přidržení a rozebrány zvolené materiály pro jednotlivé součásti, ať už vyráběné, či nakupované normalie.

Základní podmínky pro návrh upínání stanovuje počet ovládaných větví hydrauliky pomocí PLC stroje, která částečně může omezovat ve výběru, návrhu a konstrukci akčních členů. V našem případě máme, jak již bylo zmíněno výše k dispozici 4 kanály hydrauliky, které se následně v horní desce dělí po dvou do každé strany věže. Jsme tedy limitováni na dva ovládané akční členy, které budou zajišťovat upínání či přidržování obrobku při obrábění a zajistí tedy dostatečnou tuhost soustavy, aby mohly být dodrženy všechny požadavky výroby dle výrobní dokumentace. Nezbytné jsou dále také sekvenční a regulační ventily. Jako akční členy zajišťující upínání byly vybrány dvojčinné lineární hydraulické písty DBC 0320 Obr. 4.22. Jejich navrhovaná sekvence je následující: spodní píst dotlačí založený obrobek volně uložený mezi prismatickým a pomocnou přítlačnou mechanickou kladkou na pravý dolní doraz, označen na Obr. 4.21 zeleně a následně vertikální lineární píst zajistí polohu a odebere zbývající stupně volnosti. Výpočet výsledné síly vyvinuté horním lineárním pístem při tahu je uveden a odvozen ve výpočtu /6), (7) a (8).

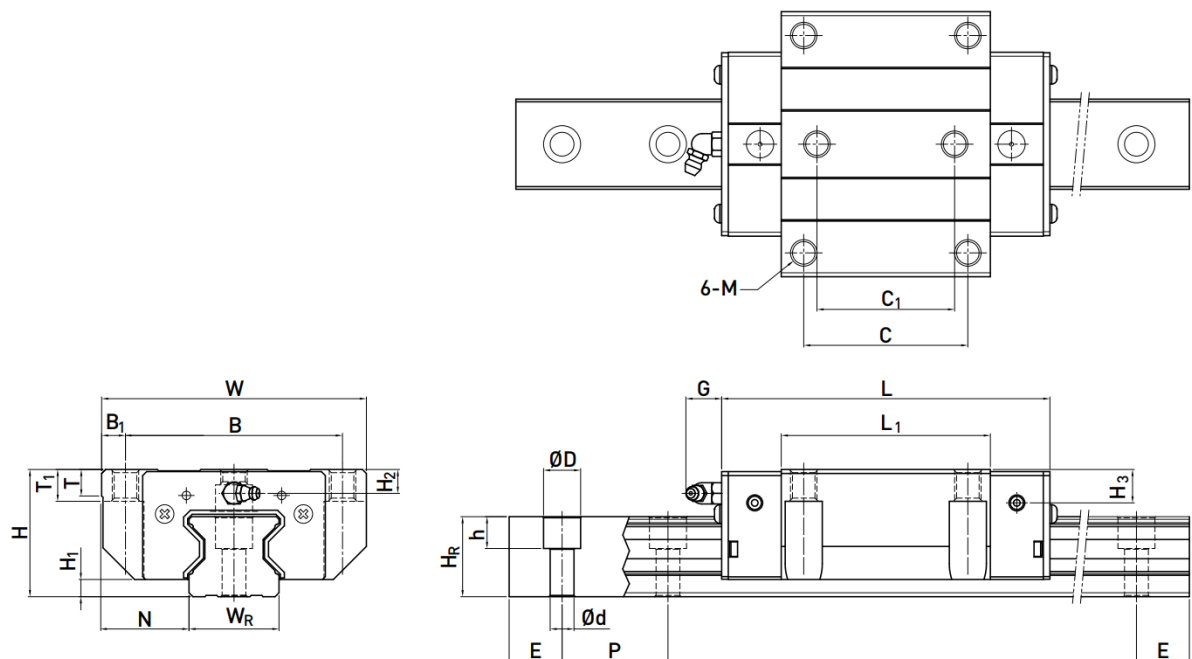


Obrázek 4.22 Dvojčinný hydraulický píst DBC 0320- Schéma [17]

Písty působí na dolním, resp. boční prisma Obr. 4.21. U tvarových prismatic je zvolen úhel dosedacích ploch 110° . Cílem bylo nalezení kompromisu mezi přesností ustavení vzhledem k velkým rozměrovým rozdílům výkovku (rozměrová tolerance až ± 2 mm) viz. Příloha 1 výkres výkovku. Detailní teorie úchylky ustavení a možné chyby způsobené různými úhly prismatic a jejich vliv na přesnost upnutí byly rozebrány v kapitole 2.4.3 teoretické části diplomové práce.

Horizontální dvojčinný píst dorazí součást na pevné prisma označené zelenou barvou Obr. 4.21. Tento doraz je pojištěn šroubem a osazen v drážce spodního tělesa. Pro polohu pevného dorazu jsou pro případ nutnosti připraveny dva závity pro šroub pro možnost úpravy polohy za účelem spolehlivějšího a stabilnějšího upnutí. Doraz bude vyroben z oceli 15.142.6 dle ČSN nebo také značené jako 42CrMoS4+QT. Tato ocel se vyznačuje dostatečnou tvrdostí (56 HRC) po kalení a zároveň pružností v jádře. Vedení upínání je zajištěno přes dvě vinutá bronzová pouzdra a táhlo. Jedná se o samomazací a tím pádem téměř bezúdržbový typ pouzder. Obě vinutá pouzdra jsou před nečistotami chráněna stíracími kroužky. Vedení je pojištěno proti pootočení hřídelkou o průměru 5 mm.

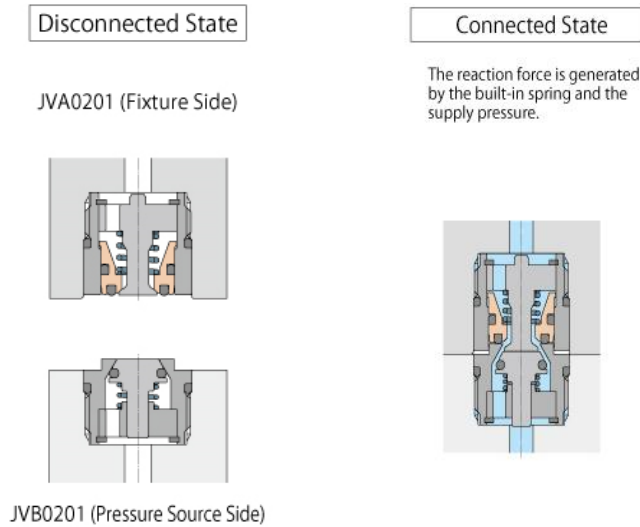
Horní vertikální dvojčinný lineární píst je veden pomocí soustavy lineárního vedení kolejky a ložiskového vozíku od firmy HIWIN s.r.o. Obr. 4.23.



Obrázek 4.23 Vozík typu RGW od firmy Hiwin s.r.o. [23]

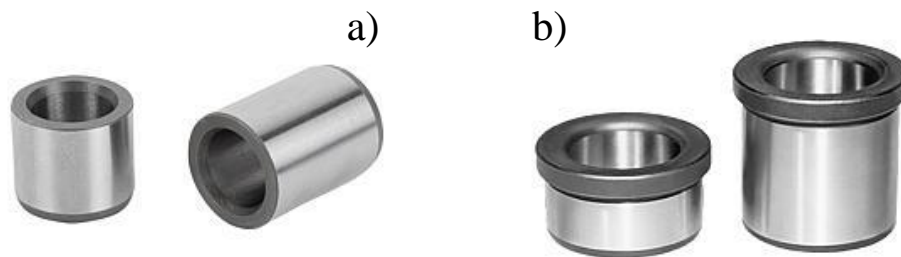
U této soustavy bylo nutné zkontrolovat moment vyklopení od horního prisma v ose Y a únosnost vozíku a jeho odolnost proti tomuto osovému momentu, jak bylo dokázáno výpočty (6), (7) a (8). Podle zatížení a momentu byl následně vybrán vozík typu RGW 20CC s odolností proti momentu od silového působení hydraulického válce 460 Nm. Spojení hydraulického dvojčinného pístu, horního prisma a tělesa zprostředkující spojení vozíku s tělesem prisma je zajištěno pomocí vlastního řešení spojky přes malý šroub s přírubou a pevného tělesa. Mezi přírubou a kruhovou dírou v tělese je zajištěna dostatečná vůle, která zajišťuje kompenzaci případných nepřesností. Přívod hydrauliky z věže do desky je řešen přes horní rozváděcí kostku

(Příloha 1) osazenou sekvenčními a redukčními ventily a také bezúkapovými rychlospojkami od firmy Kosmek LTD. Obr. 4.24



Obrázek 4.24 Bezúkapová rychlospojka JVA/B– otevřeno – zavřeno [17]

Tyto rychlospojky zajišťují spolehlivý přenos médií s naprosto jednoduchým spojením a rozpojením bez následných úniků hydraulické kapaliny mezi jednotlivými konstrukčními prvky. Systém navádění a středění desky je řešen přes systém naváděcích a přesných čepů. Hrubé navádění je zajištěno pomocí náběhové lišty označené červeně na Obr. 4.13 a celkový princip navádění byl popsán v předchozí kapitole. Dále dvou opěrných čepů s kulovou koncovkou průměru 20 mm. Tyto čepy navedou společně s vrtacími pouzdry s nákrůžkem Obr. 4.25 b od firmy KIPP CZ s.r.o. desku tak, aby následně proběhlo přesné středění, které zajistí dvě kalená upínací pouzdra Obr. 4.25 a pro středící čepy od firmy KIPP CZ s.r.o. s tím, že horní čep je vylehčen, aby bylo zajištěno snadné ustavení a montáž desky.

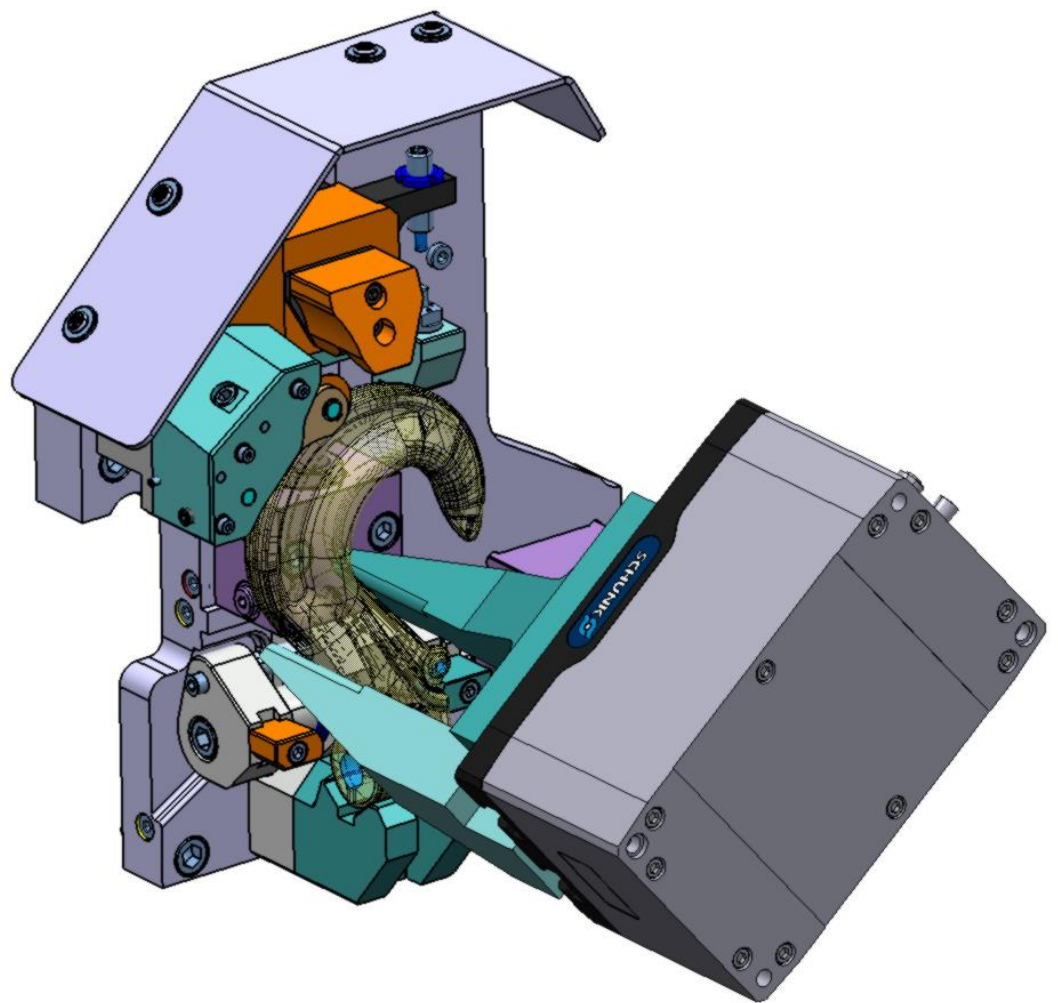


Obrázek 4.25 a), b) Středící pouzdra od firmy KIPP CZ s.r.o. [20]

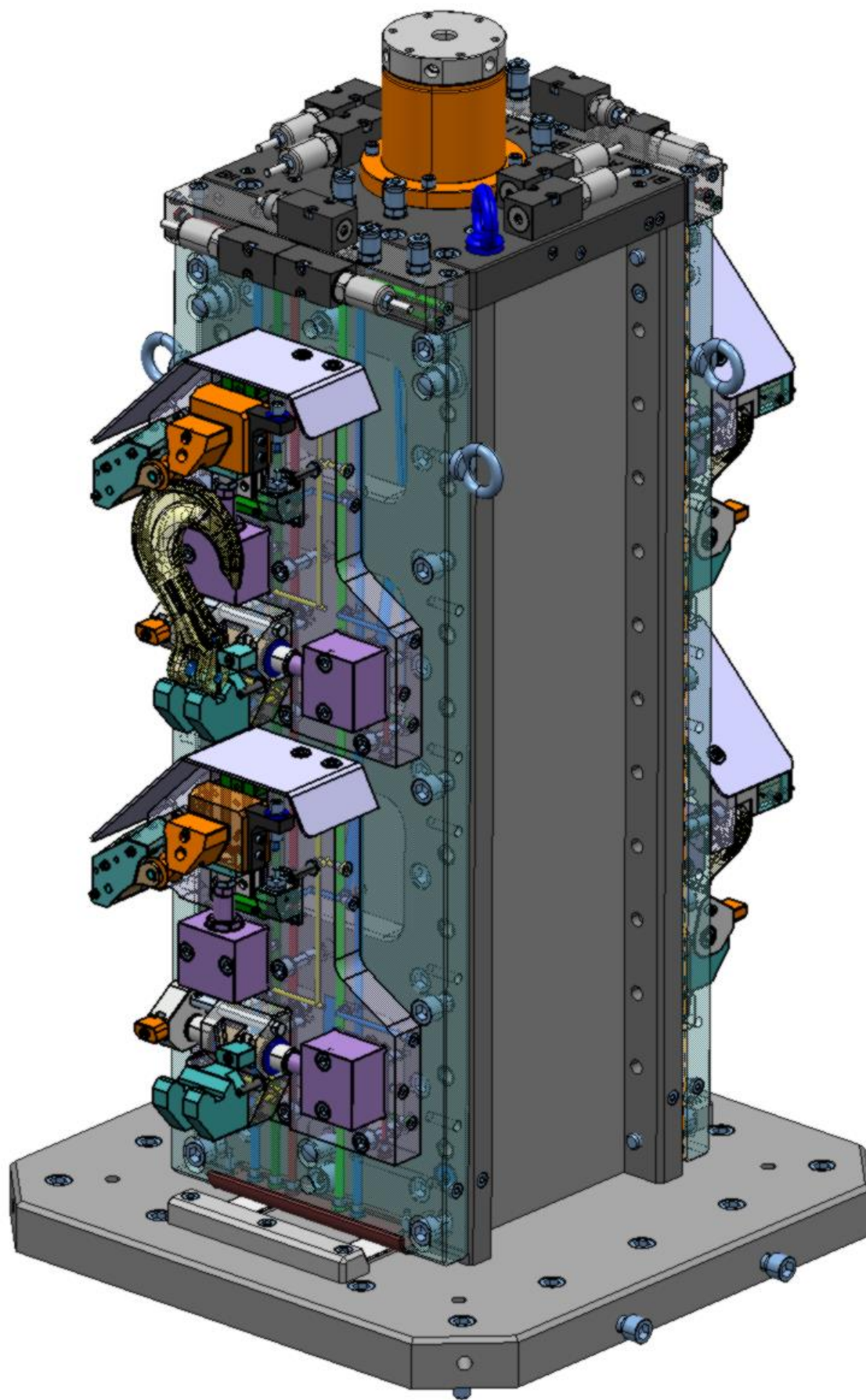
Přidržení po ustavení obrobku robotem zajišťuje pákový přítlak na pružině. Tuhost pružiny a její dimenzování bylo uzpůsobeno tomu, aby byl nalezen kompromis mezi jednoduchým volným přidržením a zároveň působící síla napomohla přesunutí váhy i na druhou stojnou nohu dolní vidličky háku. To zajistí stabilnější usazení obrobku v prisma a zároveň napomáhá stabilizaci obrobku při upnutí spodního pístu a tím možnosti vyklopení po rázu od pístnice, resp. dolního upnutí při sekvenci upínání. Sílu pružiny je dále možné nastavovat pomocí horního šroubu s vnitřním šestihranem. Působíště síly je také možné měnit se zdvihem až 5 mm pomocí čtyř šroubů na slotech ze spodní strany tělesa přítlaku. Výška výchozí pozice páky je nastavitelná pomocí červu se šestihranem a zároveň funguje jako pevný doraz. Nastavení

dorazu je pojištěno červem do závitu. Prisma kladky je axiálně volné s vůlí 1 mm na každou stranu, aby umožňovalo a částečně kompenzovalo možné rozměrové odchylky výkovku, ty, jak již bylo zmíněno můžou dosahovat až 2 mm. A aby právě tyto nedostatky neovlivnily správné usazení výkovku při upnutí horního prisma. Materiál pro kladkové prisma byl vybrán Albromet-A300, který se vyznačuje velmi dobrými ošetrivými vlastnostmi a zároveň tvrdostí. Základní deska a další díly nevystavené přímému působení třísek či působení větších sil jsou navrženy z materiálu C45, což je běžná konstrukční ocel.

Ke zprostředkované detekci založení je použita detekce polohy upínací páky. Ta reaguje na 3 stavy: Nedostatečně zmáčknuté, ideálně zmáčknuté a příliš zmáčknuté ustavení výkovku v hnízdě před upnutím, jak již bylo zmíněno v předchozích Správné ustavení výkovku před obráběcím cyklem a správné najetí nástroje a nuly obrábění zajišťuje obrobková sonda a kontrola laserem za pomoci robota.



Obrázek 4.26 Finální verze hnízda



Obrázek 4.27 Finální verze přípravku

4.7 Zapracování připomínek od zákazníka

Po zapracování připomínek se může stát, že bude nutné vrátit některé konstrukční uzly o vývojovou etapu zpět či zapracování těchto připomínek může způsobit i zásadní změny konstrukce jako například již zmíněný požadavek na možnost vrtání z pravé strany při pohledu na desku s hnízdy. Kompletní 3D model včetně sestavy desky a věže je následně formálně schválen a může následovat postupný přechod do fáze zhotovování výrobní dokumentace.

4.8 Zpracování výkresové dokumentace

Celkové nároky zákazníka na výkresy byly poměrně přísné a bylo nutné poskytnout výkresovou dokumentaci podle přesně daných podmínek včetně překladu kompletní výrobní dokumentace do německého jazyka. Součástí diplomové práce jsou 3 výkresy sestav a 25 vyráběných dílů centrální věže, lůžka a desky. Součástí výkresové dokumentace jsou dále seznamy nakupovaných dílů a hrubých polotovarů nebo datové přílohy.

5. Závěr

Na základě vytyčených cílů diplomové práce byly vytvořeny tři typy upnutí zadaného výkovku háku KHSW-13 a to mechanické, pneumatické a hydraulické. Z těchto tří variant možného řešení bylo na základě požadavků zákazníka, požadavků na výrobu a možností daného typu upnutí rozhodnuto o vývoji přípravku s hydraulicky řízenými akčními členy.

Přípravek byl řešen od prvopočátku v rámci reálného projektu ve firmě Hofmeister s.r.o. Takto řešený projekt byl rozdělen do několika etap, kterými postupně vývoj přípravku prošel. Celou vývojovou etapu po vyjasnění podmínek zákazníka započala prostorová studie, která představovala první kontakt myšlenky řešení s požadavkem zákazníka. Součástí procesu vyjasňování zadání a připomínek byla i osobní návštěva v závodě u zákazníka.

Následovala etapa zpracování principů středění a upínání, která si prošla množstvím změn ať už kvůli změnám v rámci uchopení výkovku pomocí robota, či připomínkám k navrhovaným možnostem středění, přidržování a upínání. S touto etapou byla úzce svázaná i následující etapa při řešení postupu zakládání, kde se nakonec jako nejlepší ukázala vlastní navrhovaná změna v uchopení za „krk“ háku. S tímto typem uchopení bylo následně nutné počítat při dalších vývojových etapách, které už se zabývaly konstruováním jednotlivých funkčních uzlů představující pevně vytyčené opěrné body v dalším jednání se zákazníkem.

Konečné řešení celkového konstrukčního návrhu představovalo organizační a konstrukční výzvu, kdy velké množství času představovala samotná organizace stromu konstrukce na základě požadavků zákazníka pro kusovníky a výkresy sestav včetně jimi přiřazených čísel vyráběným součástem a nakupovaných iso normálií.

Nakonec byla k takto navrženému přípravku zhotovena výrobní dokumentace opět splňující normy a požadavky zákazníka, jako například vlastní razítka, požadavky na kompletní dokumentaci v německém jazyce, či nespočet datových příloh.

Tato diplomová práce s sebou přináší nejen komplexní řešení automatizace pro zákazníka, ale i obrovský osobní přínos z praxe, neboť je reálná šance, že takto zpracovaný přípravek bude v blízké budoucnosti již nasazen v provozu v rámci plně automatizované linky s robotem.

6. Seznam použité literatury

- [1] CHLADIL, Josef. *Přípravky a nástroje: část-obrábění*. 3. vyd. Brno: VUT, 1992. ISBN 80-214-0408-6.
- [2] ZEMČÍK, Oskar. *Nástroje a přípravky pro obrábění* [online]. [cit. 2023-3-22]. Dostupné z: http://www.fsiforum.cz/upload/soubory/databaze-predmetu/FPN/FPN_skripta_Zemcik.pdf
- [3] Příručka obrábění: kniha pro praktiky; přel. Miroslav Kudela. Praha: Sadvik, 1997. ISBN 91-972299-4-6.
- [4] CHVÁLA, Břetislav; Votava, Josef. *Přípravky: celost. vysokošk. učebnice pro strojní fakulty vys. škol techn.* 1. vyd. Praha: SNTL, 1988.
- [5] VLACH, Bohumil. *Technologie obrábění*. Praha: ČVUT, 1986.
- [6] PŘIKRYL, Zdeněk, MUSÍLKOVÁ, Rosa. *Teorie obrábění*. 3. vyd. Praha: SNTL:1982
- [7] MAREK, Josef. *Experimentální ověření závislosti měrného řezného odporu na tloušťce odřezávané vrstvy*. Plzeň, 2018. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni, fakulta strojní. Vedoucí práce: Ing. Jiří Vyšata, Ph.D.
- [8] SPURNÝ, Martin. *Průřez odebírané vrstvy materiálu a jeho vliv na měrný řezný odpor*. Ostrava, 2016. Diplomová práce. Technická univerzita Ostrava, fakulta strojní. Vedoucí práce: Ing. Tomáš Zlámal, Ph.D.
- [9] MÁDL, Jan. *Teorie obrábění*. Praha: ČVUT, 1989.
- [10] ZEMAN, Petr. *Měření užitečného výkonu při podélném soustružení*. Liberec, 2018. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci, fakulta strojní. Vedoucí práce: doc. Ing. Jan Jersák, CSc.
- [11] HAVLÍČEK, Dušan. *Výzkum vztahů pro měrnou řeznou sílu*. Liberec, 1994. Vysoká škola strojní a textilní v Liberci, fakulta strojní. Vedoucí práce: doc. Ing. Jaromír Gazda, CSc.
- [12] GAZDA, J. *Teorie obrábění: Řezné síly při obrábění*. 1. vyd. Liberec: Ediční středisko VŠST Liberec, 1993. 123 s. ISBN 80-7083-110-3.
- [13] VOS, Patrick De. *Příručka pro technology – Jak je to s řeznými silami?*. [online]. Praha, MM publishing s. r. o., 13. 3. 2012. [cit. 18. 1. 2023]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/prirucka-pro-technology-jak-je-to-s-reznymi-silami>
- [14] ASM Handbook, Vol. 16: Machining. Ohio, 1999. ISBN 0871700077.
- [15] SHAW, Milton Clayton. *Metal cutting principles*. New York: Oxford University Press, 2005. ISBN 0-19-514206-3.
- [16] KNAPP, Jiří. *Experimentální měření řezných sil pro zjišťování řezného odporu*. Plzeň, 2022. Diplomová práce. Západočeská univerzita. Vedoucí práce Ing. Josef SKLENIČKA, Ph.D.
- [17] ProductsKWCS|KOSMEK LTD.. 株式会社コスメック [油圧クランプ, エアクランプなど] [online]. Copyright ©2002 [cit. 01.04.2023]. Dostupné z: http://www.kosmek.co.jp/php_file/product_middle_list.php?lang=2&group=109
- [18] Pneumatický válec kompaktní dvoucinný s dvěma písty 20 x 20, zdvih 20mm, lepidla a tmely - Prolep České Budějovice [online]. Dostupné z: <https://www.prolep.cz/Pneumaticky-valec-kompaktni-dvoucinnny-s-dvemi-pisty-20-x-20-zdvih-20mm-d1351.htm>

[19] ŠIMICE, André. *Návrh přípravku pro obrábění spodku tramvaje*. Plzeň, 2021. Bakalářská práce. Západočeská univerzita. Vedoucí práce Ing. Jan Matějka.

[20] KIPP-Produkty. 301 Moved Permanently [online]. Copyright © 2023 HEINRICH KIPP WERK GmbH [cit. 21.05.2023]. Dostupné z: <https://www.kipp.cz/cz/cs/Produkty.html>

[21] JADLOVSKÝ, Petr. *Efektivita nasazení přípravků v kusové výrobě*. Plzeň, 2015. Diplomová. Západočeská univerzita v Plzni. Vedoucí práce Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.

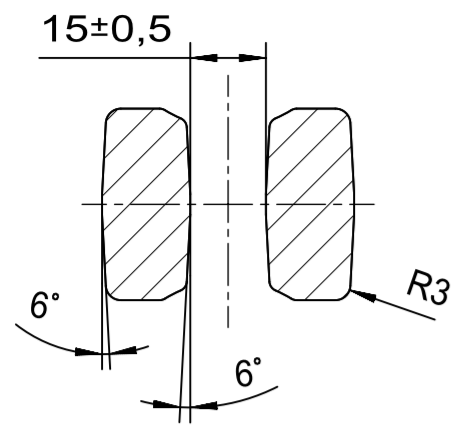
[22] [online]. Copyright © 2016 HOFMEISTER s.r.o. [cit. 21.05.2023]. Dostupné z: <https://hofmeister.cz/>

[23] Hiwin, Kuličkové šrouby, Lineární technika, Lineární vedení, Lineární motory | hiwin.cz. Hiwin, Kuličkové šrouby, Lineární technika, Lineární vedení, Lineární motory | hiwin.cz [online]. Dostupné z: <https://www.hiwin.cz/>

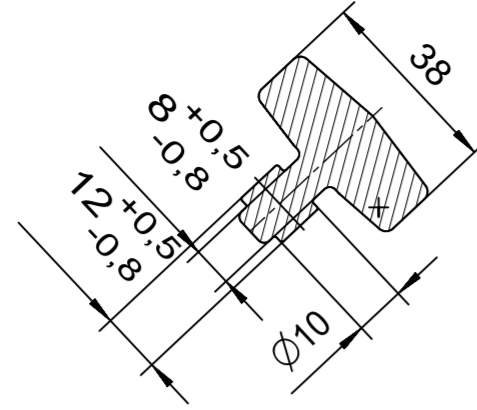
Příloha č. 1

**Výkresová dokumentace k upínacímu přípravku pro hák
typu KHSW- 13**

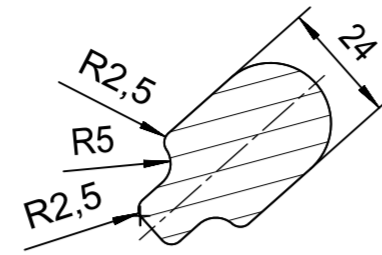
Section E-F



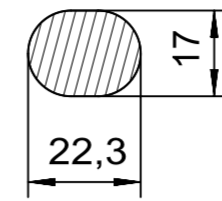
Section G-H



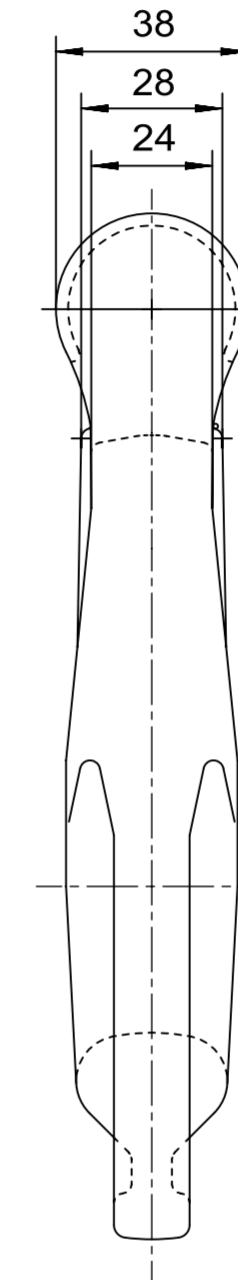
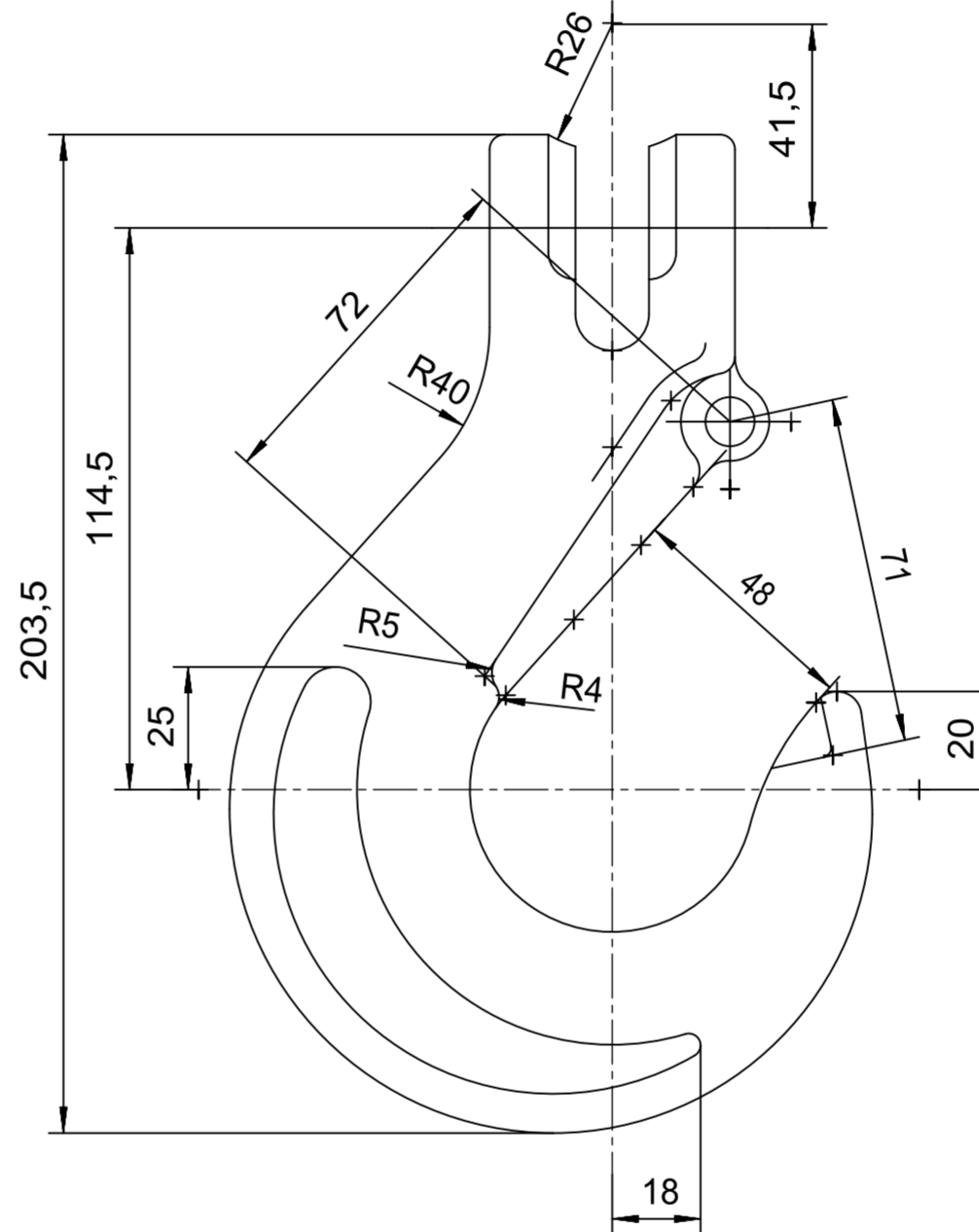
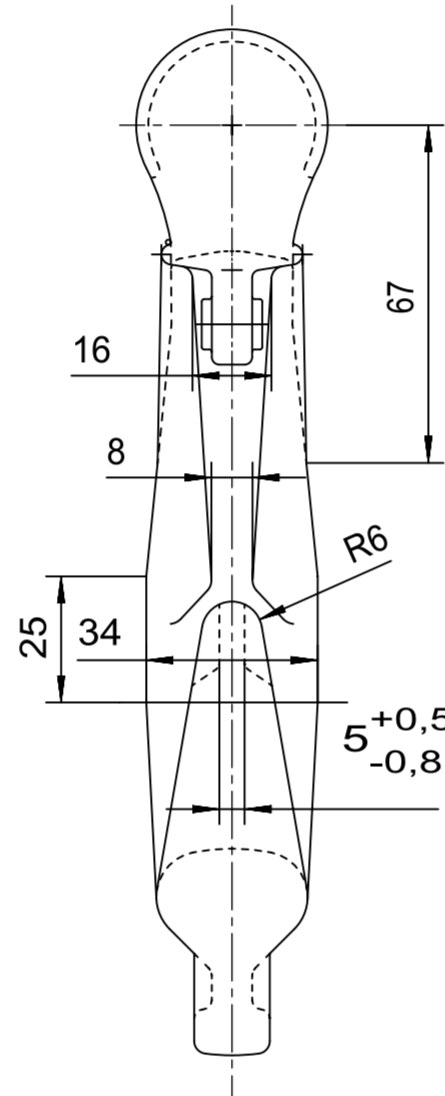
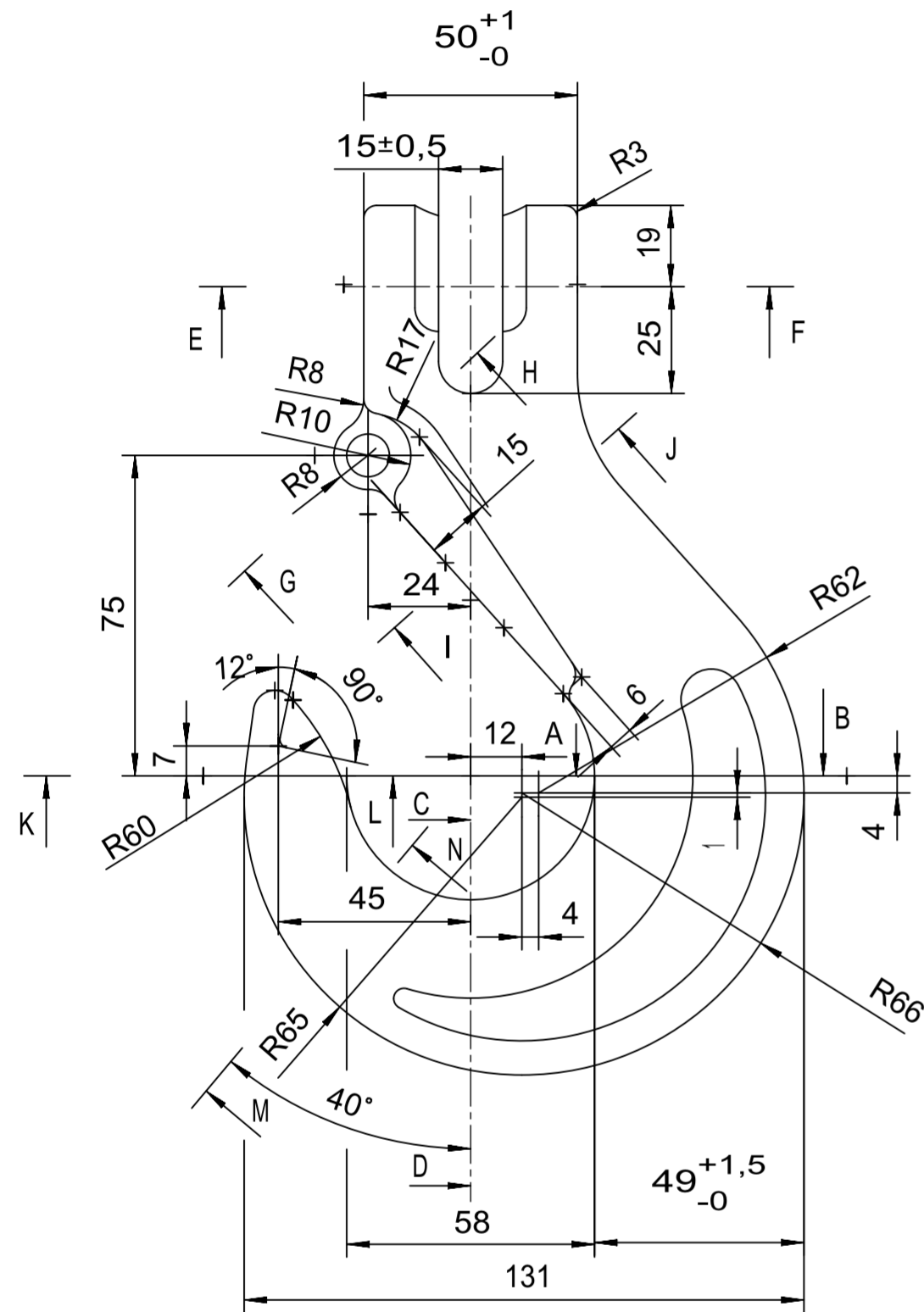
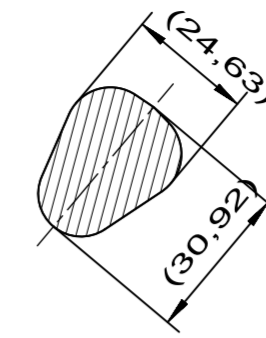
Section I-J



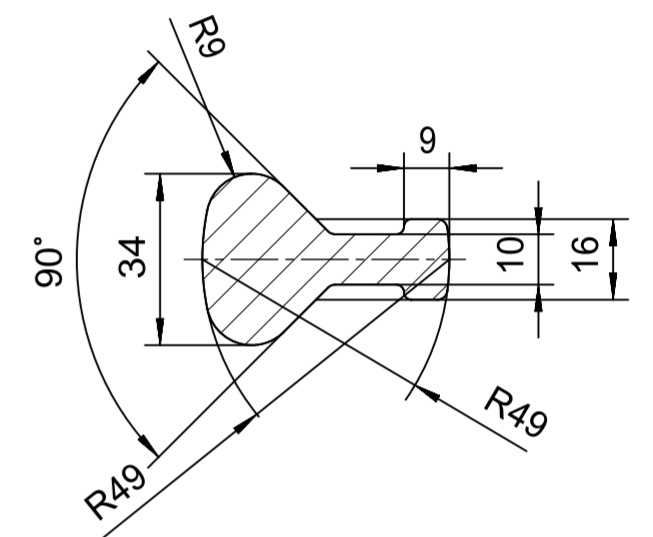
Section K-L



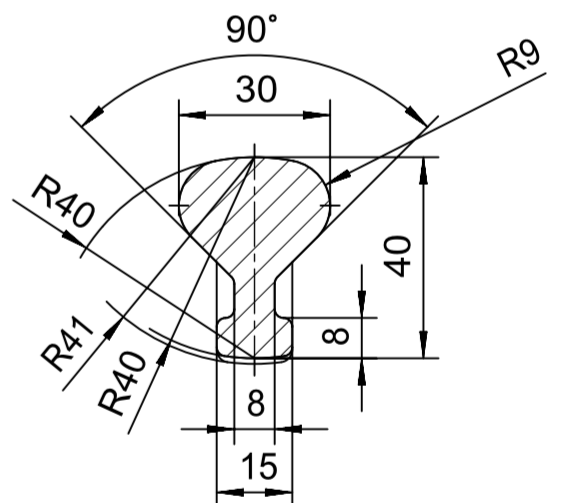
Section M-N



Section A-B



Section C-D



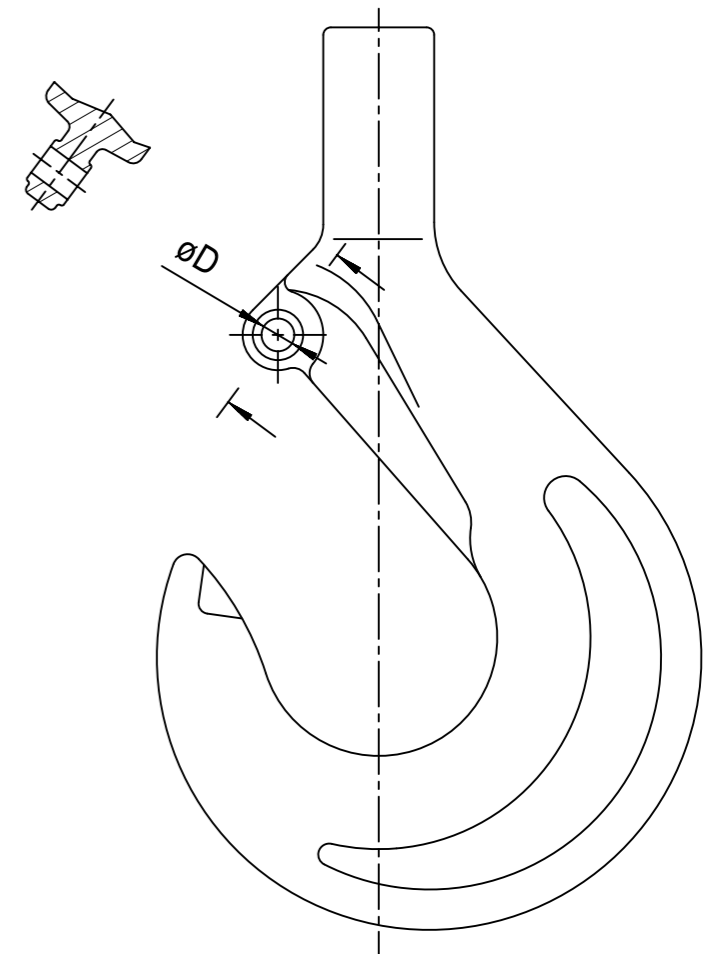
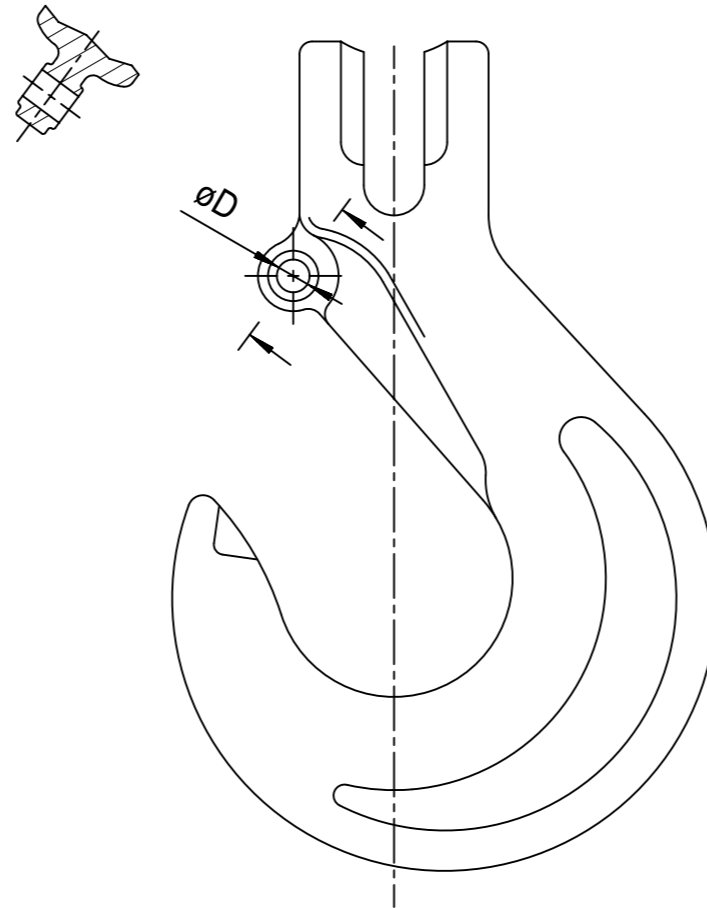
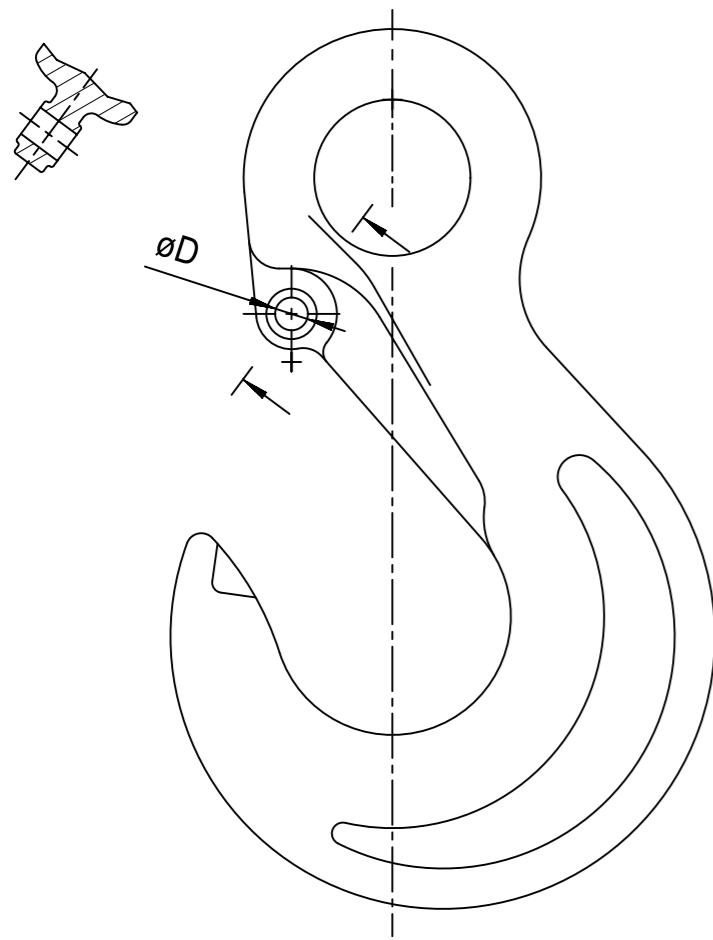
5

marking acc. to drawing mentioned in order.

| TOLERANCES ON DIMENSIONS ACC. TO EN10243-1 | | | | |
|--|---------------------------------|--|---------|---------------------------|
| weight/pc. = m1 | weight of canning material = m2 | material | m1 / m2 | forging quality |
| ~1,80 kg | ~7,95 kg | M1 | S3 | F |
| length dimensions | +1,7 -0,8 | displacing / eccentricity | | 0,7 |
| broad dimensions | +1,5 -0,7 | burr + / depth of jag - | | 0,8 |
| height dimensions | +1,2 -0,6 | forging radius | | R2 |
| thickness dimensions | +1,2 -0,6 | forging slants | | inside: 6° outside: 6° |
| center distance | | information about groove, radius and burr acc. to table 6. | | |
| deflection | 1 | | | |
| rejection | | | | |

SUPPLIED TOLERANCES ARE VALID FOR OUTSIDE DIMENSIONS. FOR INSIDE DIMENSIONS THE SIGN HAS TO BE CHANGED.

| DIMENSIONS WITHOUT TOLERANCE ACCORDING TO ISO 2768-m | | | | |
|--|-----------------------|---|------|-------------|
| PROJECT | SURFACE | SCALE : | 11,5 | WEIGHT : |
| THIS DESIGN IS THE PROPERTY OF PEWAG AND IS ONLY ALLOWED TO BE USED BY EXPRESS PERMISSION AND LICENCE FROM PEWAG | | MATERIAL : TK28A | | |
| CAD | DATE | NAME | | |
| DRAWN | | Clevis sling hook KHSW / HKS/S / HKS dimension 13 drawing for forging | | |
| CHKD | | | | |
| RELSD | | | | |
| 5 | optimized for forging | 0102.17 | KSE | |
| 4 | dim41,5; 114,5; 19 | 19.01.05 | GRJ | |
| DRG No. | 4304-5 | | | SHEET |
| REPLACING 4304-4 | | | | REPLACED BY |

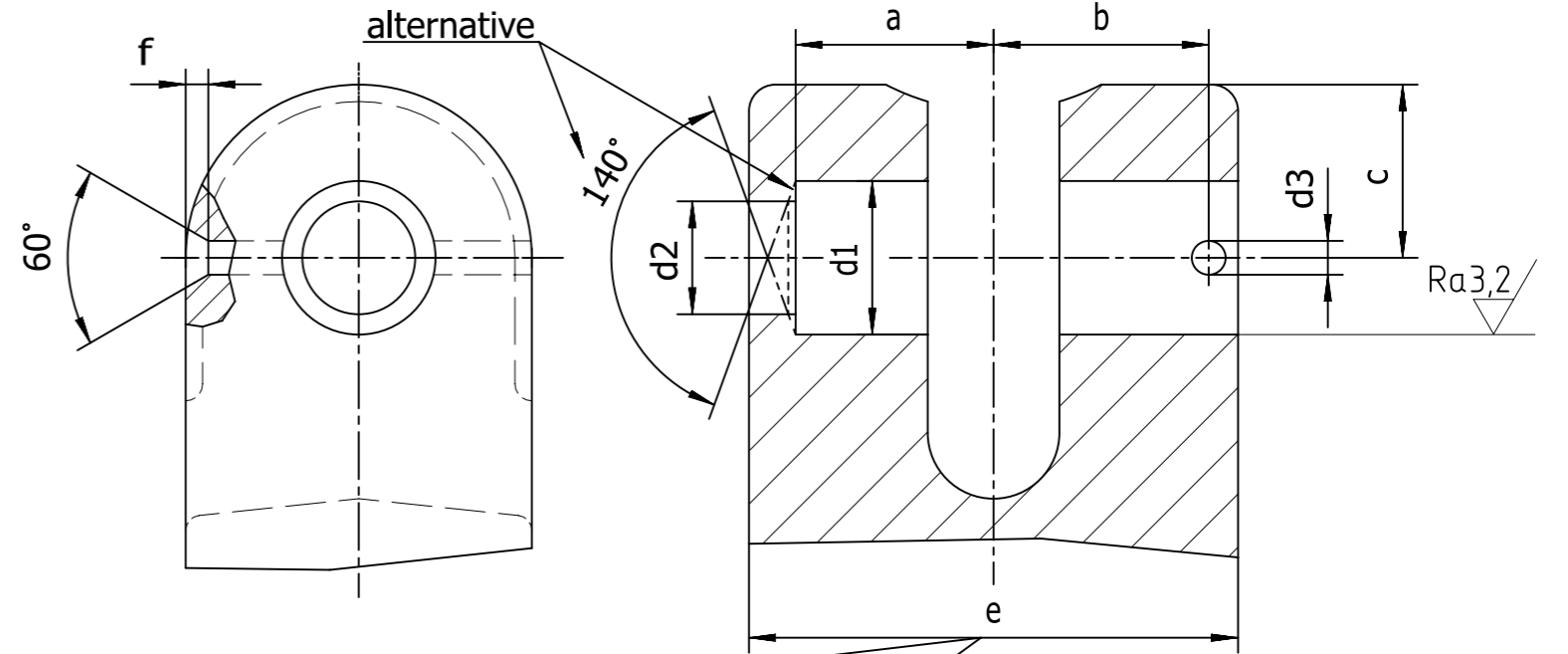
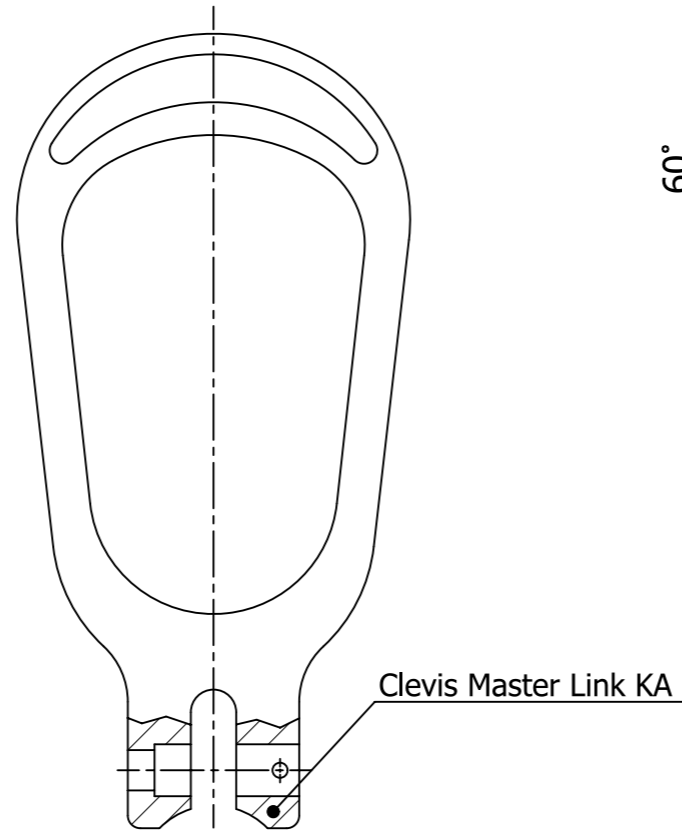
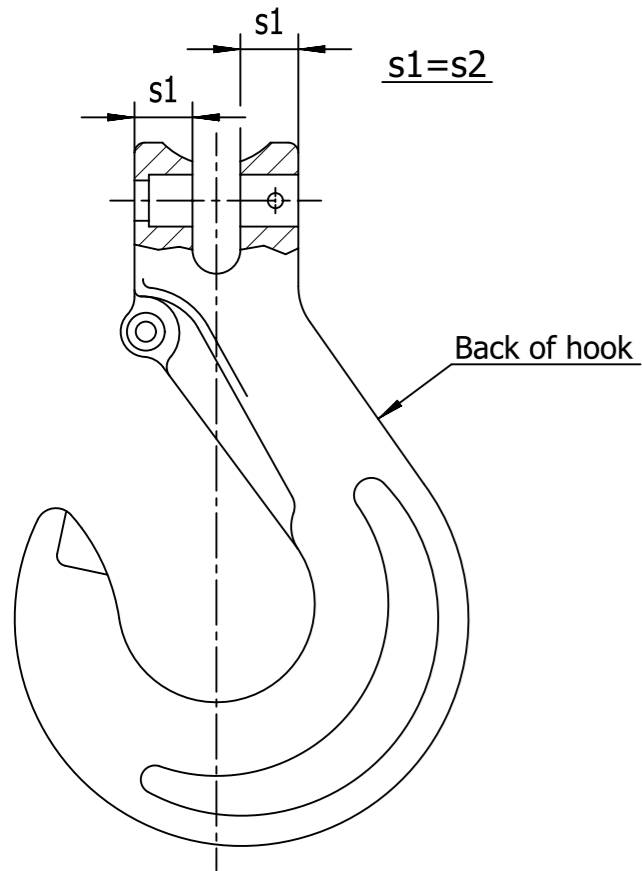


| dimension | Ø D |
|-----------|-------------|
| 5-6 | Ø 5,4 ± 0,1 |
| 7-8 | Ø 5,4 ± 0,1 |
| 10 | Ø 6,4 ± 0,1 |
| 13 | Ø 8,5 ± 0,1 |
| 16 | Ø 8,5 ± 0,1 |
| 19; 19-20 | Ø 8,5 ± 0,1 |
| 22 | Ø 8,5 ± 0,1 |
| 26 | Ø 8,5 ± 0,1 |
| 32 | Ø 8,5 ± 0,1 |

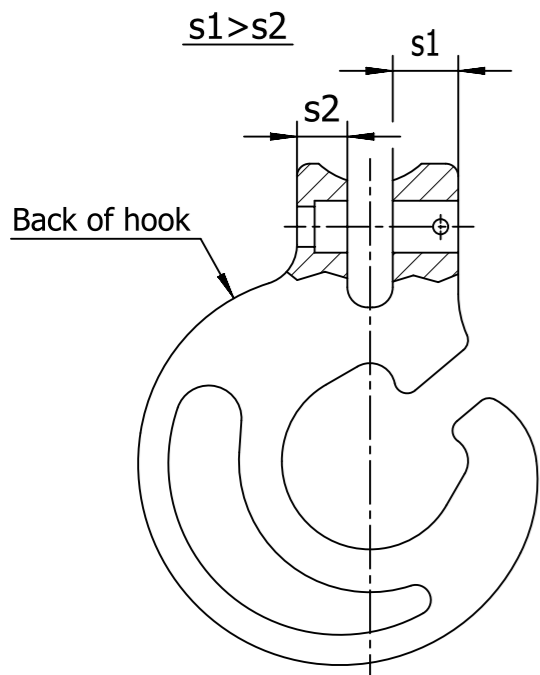


| DIMENSIONS WITHOUT TOLERANCE ACCORDING TO ISO 2768-m | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------|------------|------|---|--|----------------|--|-------------|--|------|--|
| THIS DESIGN IS THE PROPERTY OF PEWAG AND IS ONLY ALLOWED TO BE USED BY EXPRESS PERMISSION AND LICENCE FROM PEWAG | | PROJECT | | SURFACE | | SCALE : Sketch | | WEIGHT : | | | |
| | | MATERIAL : | | Machining for HS/KHS and EHS for mounting the Safety Latch | | | | | | | |
| | | CAD | DATE | | | | | | | NAME | |
| | | DRAWN | | | | | | | | | |
| | | CHKD | | | | | | | | | |
| | | RELSD. | | | | | | | | | |
| 4 | Ø 5,4 at dim. 5-6 & 7-8 | 01-04-20 | ZER | | | | | | | | |
| 3 | Ø 6,4 at dim. 10 | 23.4.07 | GRJ | | | | | | | | |
| 2 | Ø 6,3, all tol. ± 0,1 | 3.4.06 | GRJ | | | | | | | | |
| 1 | all in English | 18.2.03 | POES | | | | | | | | |
| REV.No | REVISIONS | DATE | NAME | DRG. No. | | | | SHEET | | | |
| | | | | 10029-4 | | | | | | | |
| | | | | REPLACING 10029-3 | | | | REPLACED BY | | | |

POSITION OF DRILLING OF THE CLEVIS PART



ATTENTION:
 This drawing is not valid for following clevis parts:
 Sliding hook KC
 Clevis grab hook PK
 Clevis self locking hook KLH-PWH

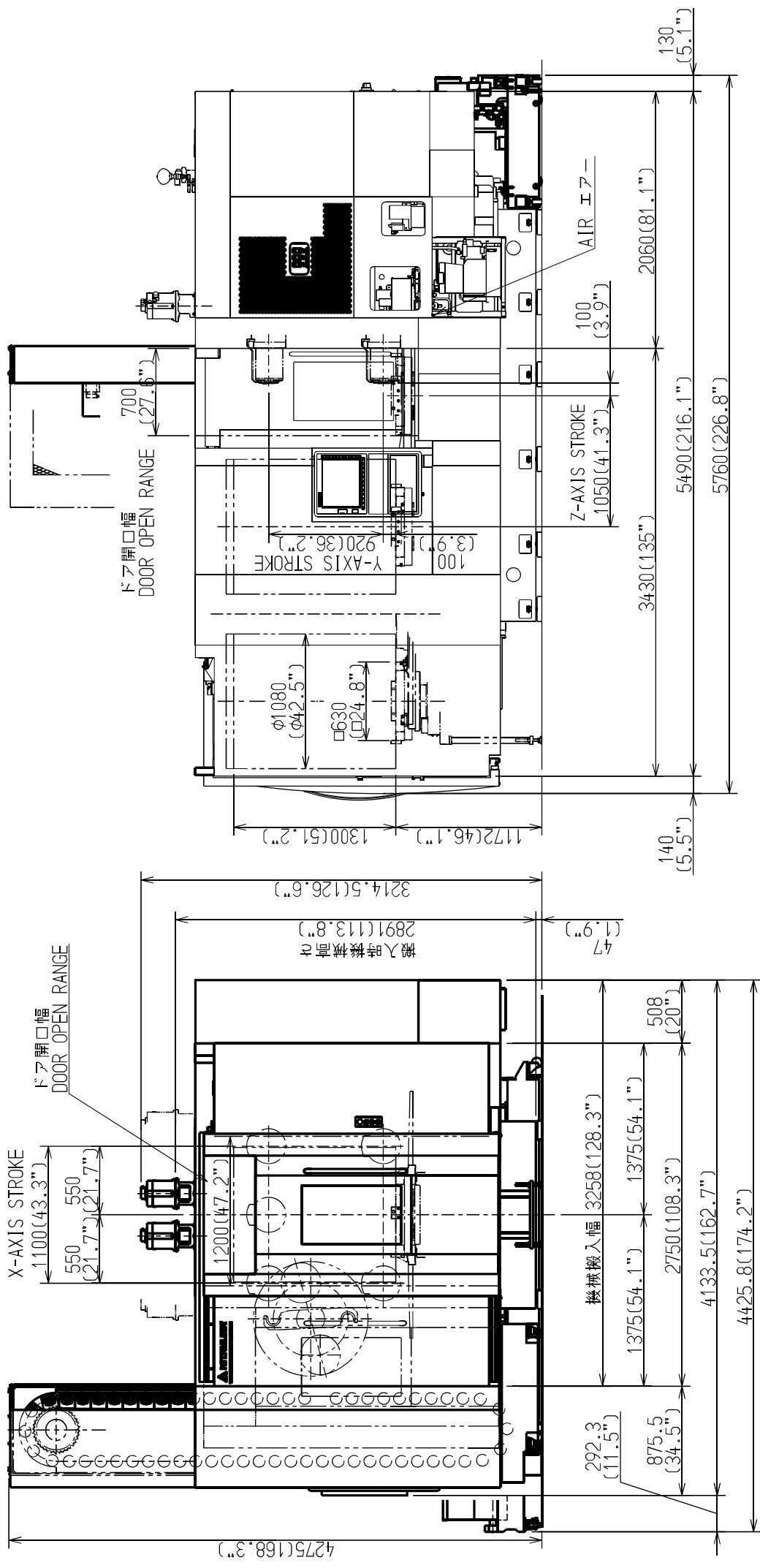


NOTE:

The drilling for the clevis part has to be manufactured so, that the drilling for the retaining pin is on the back side of the hook.
EXCEPTION: When the thickness of the two lashes is different ($s_1 > s_2$), the drilling of the clevis part has to be manufactured so, that the drilling for the retaining pin is in the thicker part.
 For symmetric parts: Clevis Connector KV, Clevis Master Link KA ..., the drilling for the clevis part can be made from left or right !

| type | dim. | 10 | | | 10 | | | | | | |
|----------------------------------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|----------------------------------|------------------------------------|-----|
| | | e | a±0,2 | b±0,2 | e | a±0,2 | b±0,2 | c±0,5 | d1 ^{+0,1} ₋₀ | d2 ⁺⁰ _{-0,5} | d3 |
| 4 | <=22 | 9,1 | 7,2 | > 22 | 7,5 | 8,8 | 7,5 | 5,5 | 4 | 2,5 ^{+0,1} ₋₀ | 0,6 |
| 5-6 | <=25 | 10 | 8,3 | > 25 | 8,5 | 9,7 | 8,5 | 7,9 | 6 | | |
| 7 and 7/8 grade 8 for KWB and AW | <=33 | 13,4 | 11,7 | > 33 | 11,7 | 13,2 | 11,5 | 9,5 | 7 | 3 ^{+0,1} ₋₀ | 1,5 |
| 8 | <=33 | 13,4 | 11,7 | > 33 | 11,7 | 13,2 | 11,5 | 10,5 | 8 | | |
| 10 | <=41 | 16,6 | 15,3 | > 41 | 15 | 16,7 | 14,5 | 13 | 9,5 | 3,5 ^{+0,12} ₋₀ | 2,3 |
| 13 | <=52 | 20,6 | 19 | > 52 | 18,7 | 20,7 | 18,5 | 16,5 | 11 | | |
| 16 | < 70 | 29,4 | 25,5 | >=70 | 26,2 | 28,5 | 22 | 20,5 | 15 | 4,5 ^{+0,12} ₋₀ | 3 |
| 19 | <=76 | 34,2 | 31 | > 76 | 31,2 | 33,7 | 26,5 | 24,5 | 19 | | |
| 19-20 | <=87 | 39,7 | 36,5 | > 87 | 36,7 | 39,2 | 27,5 | 24,5 | 19 | 5 ^{+0,12} ₋₀ | 3,5 |
| 22 | <=88 | 38,2 | 36 | > 88 | 35,7 | 38,2 | 30 | 27,5 | 23 | | |
| 26 | - | - | - | >=110 | 43,2 | 45,7 | 35 | 33,5 | 28 | | |

| DIMENSIONS WITHOUT TOLERANCE ACCORDING TO ISO 2768-m | | | | | | | | | |
|--|---------------------------------|----------|------|---------|------|---------|--|----------------|----------|
| THIS DESIGN IS THE PROPERTY OF PEWAG AND IS ONLY ALLOWED TO BE USED BY EXPRESS PERMISSION AND LICENCE FROM PEWAG | | | | PROJECT | | SURFACE | | SCALE : sketch | WEIGHT : |
| | | | | | | | | | |
| | | | | CAD | DATE | NAME | | | |
| | | | | DRAWN | | | | | |
| | | | | CHKD | | | | | |
| | | | | RELS.D. | | | | | |
| 10 | at type 13, d3 changed to 4,1mm | 04.03.21 | KSE | | | | | | |
| 9 | d1 changed and Ra3,2 added | 02.02.21 | KSE | | | | | | |
| 8 | note for dim. f removed | 25.04.18 | ZER | | | | | | |
| 7 | dimensions "f" for types 4-8 | 18.12.12 | GRJ | | | | | | |
| REV.No | REVISIONS | DATE | NAME | | | | | | |
| machining of clevis parts pewag and KWB for grade 8, 10, 8S | | | | | | | | DRG. No. | SHEET |
| | | | | | | | | 6594-10 | |
| REPLACING 6594-9 | | | | | | | | REPLACED BY | |



POWER SUPPLY 電源

200 V
65 KVA

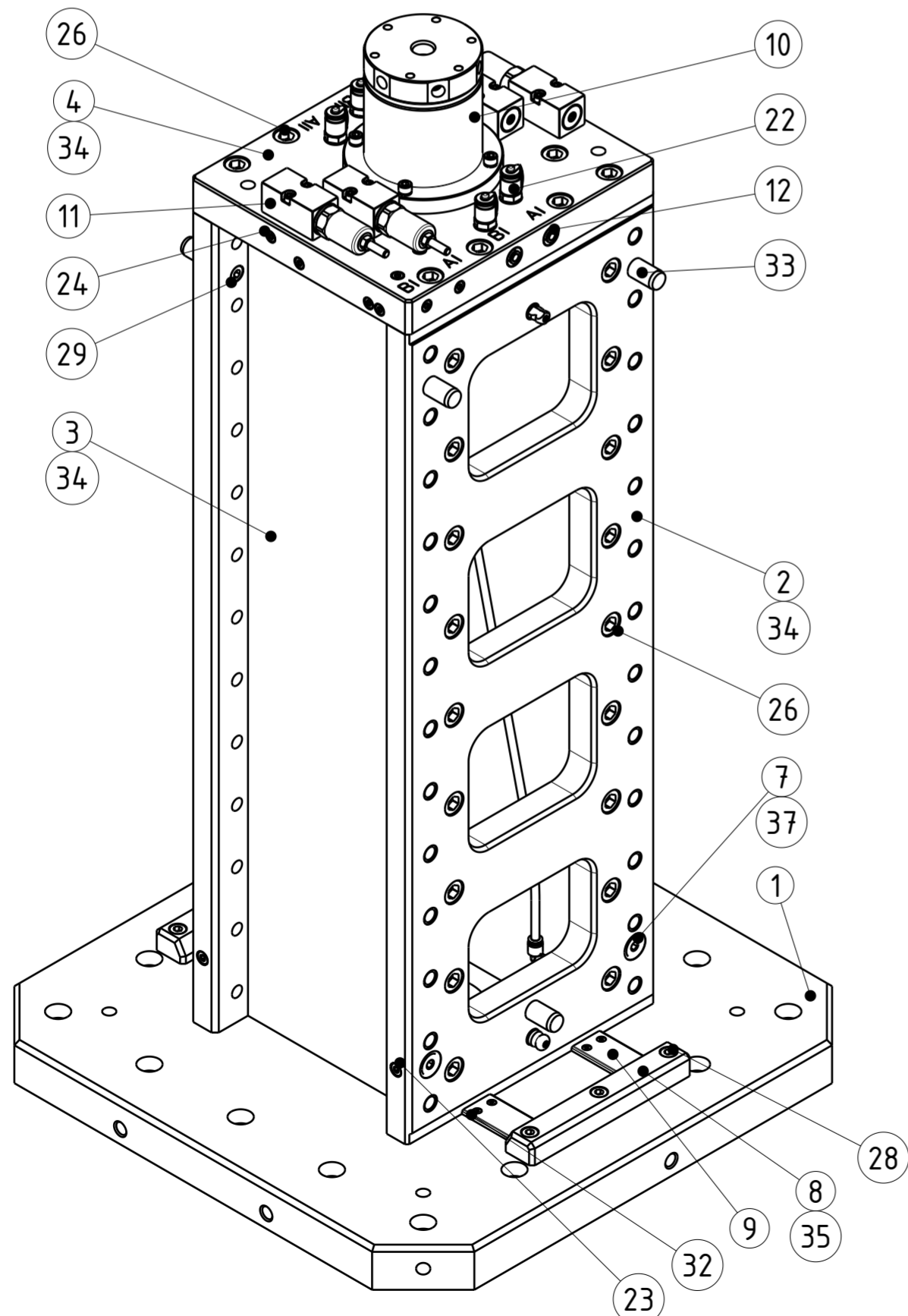
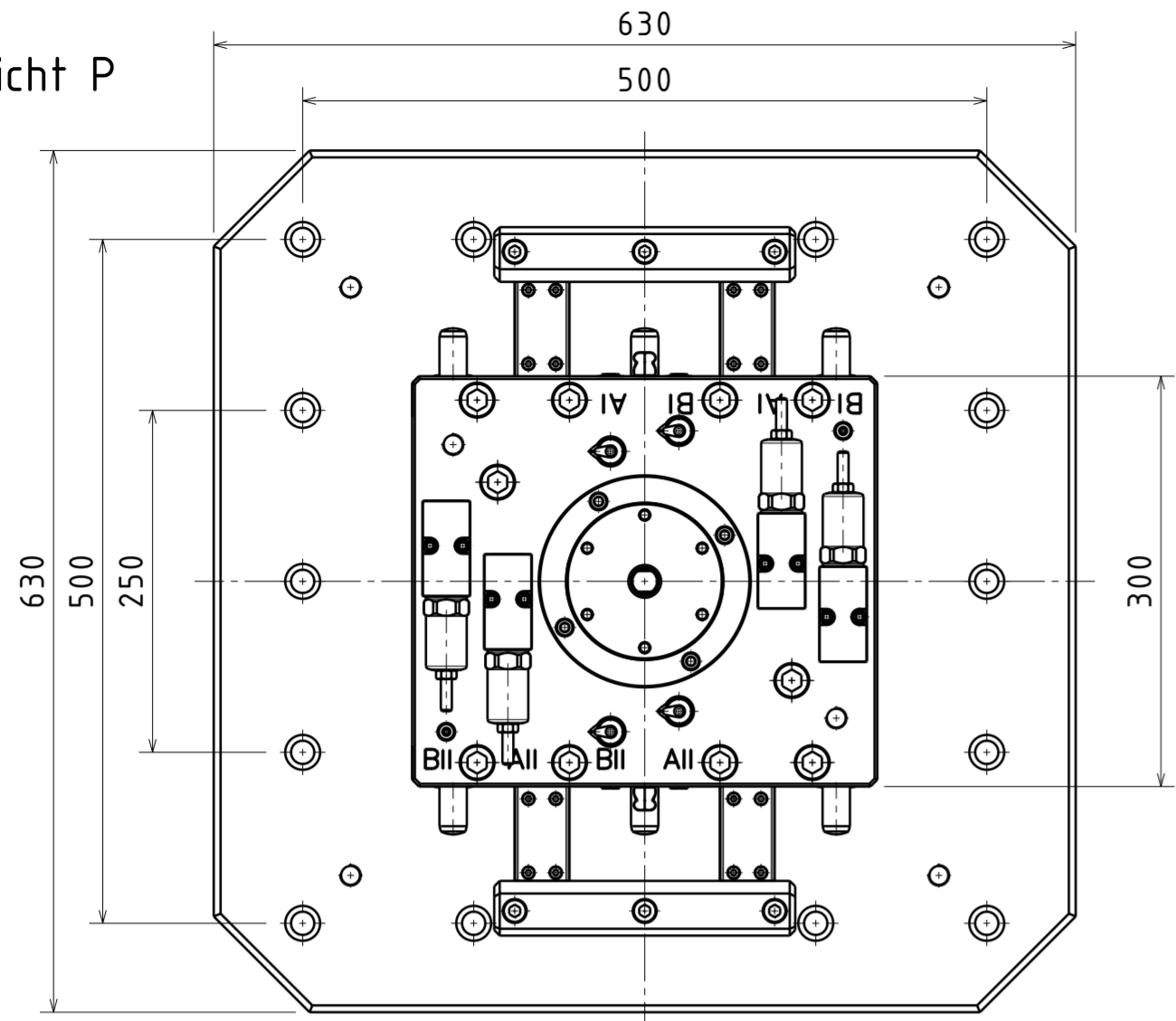
AIR エア
0.5 MPa
410 l/min(ANR)

#50_62AIC DDC チップパレット SD15-152-2-1

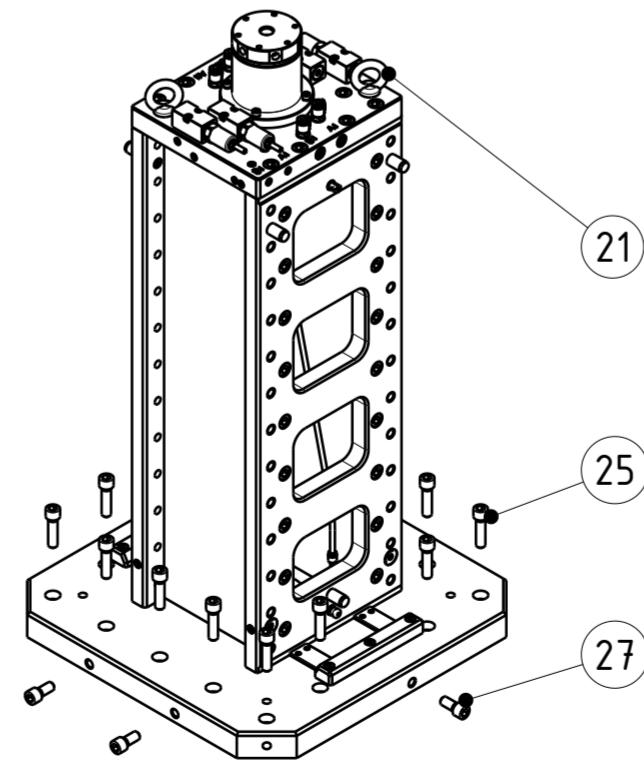
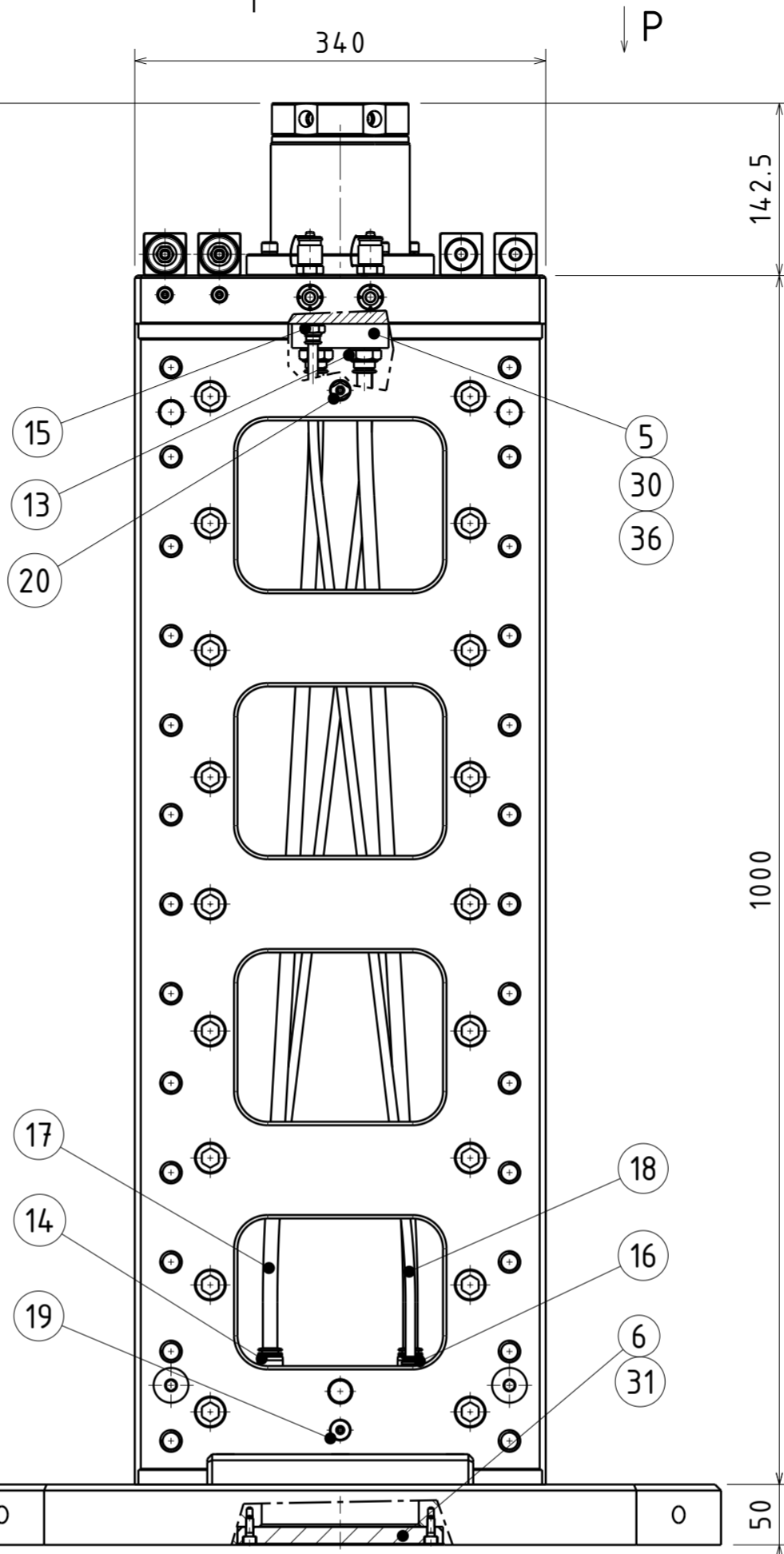
HX630G OUTER VIEW OF MACHINE 外觀図

KITAMURA MACHINERY CO., LTD.

Ansicht P



1192.5



| Pos. | Stk. | Mat.Nr. | Benennung | Norm. | Werkstoff | Gew./Stk. |
|------|------|---------|--|---------|-----------|-----------|
| 37 | 4 | 3519183 | O-Ring 23x3 | | NBR70 | 0,001 |
| 36 | 1 | 3519182 | O-Ring 36x3 | | NBR70 | 0,001 |
| 35 | 4 | 3001256 | Zylinderstift 8m6x20 | ISO8735 | | 0,006 |
| 34 | 12 | 3003946 | Zylinderstift 12m6x28 | ISO8735 | | 0,021 |
| 33 | 6 | 3003945 | Zylinderstift 20m6x55 | ISO8735 | | 0,119 |
| 32 | 16 | 3003944 | Schraube M5x10 schwarz | ISO4762 | 12.9 | 0,003 |
| 31 | 4 | 3003923 | Schraube M6x16 schwarz | ISO4762 | 12.9 | 0,006 |
| 30 | 4 | 3000337 | Schraube M6x25 schwarz | ISO4762 | 12.9 | 0,008 |
| 29 | 6 | 3003942 | Schraube M10x16 schwarz | ISO4762 | 12.9 | 0,022 |
| 28 | 6 | 3003941 | Schraube M10x30 schwarz | ISO4762 | 12.9 | 0,031 |
| 27 | 3 | 3003940 | Schraube M16x35 schwarz | ISO4762 | 12.9 | 0,096 |
| 26 | 60 | 3003917 | Schraube M16x45 schwarz | ISO4762 | 12.9 | 0,111 |
| 25 | 14 | 3000446 | Schraube M16x60 schwarz | ISO4762 | 12.9 | 0,134 |
| 24 | 16 | 3519151 | Gewindestopfen VHM 90-08ED HansaFlex | | | 0,006 |
| 23 | 4 | 3519152 | Gewindestopfen VHM 90-10ED HansaFlex | | | 0,009 |
| 22 | 4 | 3519154 | Inspektionshals HFMMKR1-4ED HansaFlex | | | 0,083 |
| 21 | 2 | 3519188 | Kipp K0769.16241 | | | 0,279 |
| 20 | 2 | 3519187 | Kipp K0350.162 | | | 0,046 |
| 19 | 2 | 3519186 | Kipp K0350.16 | | | 0,052 |
| 18 | 2m | 1000535 | Kunststoffschlauch FESTO PUN-8x1,25-BL | | | 0,018 |
| 17 | 2m | 1000542 | Kunststoffschlauch FESTO PUN-12x2-BL | | | 0,045 |
| 16 | 2 | 3503356 | L-Steckverschraubung FESTO QSL-G1/4-8 | | | 0,004 |
| 15 | 2 | 3504225 | Steckverschraubung FESTO QS-G1/4-8 | | | 0,002 |
| 14 | 2 | 3503353 | L-Steckverschraubung FESTO QSL-G1/2-12 | | | 0,012 |
| 13 | 2 | 3519185 | Steckverschraubung FESTO QS-G1/2-12 | | | 0,006 |
| 12 | 4 | 3519161 | Medienkupplung KOSMEK JVB0200-W | | | 0,024 |
| 11 | 4 | 3519165 | Reduzierventil KOSMEK BMG2050-OGI(7-20MPa) | | | 0,800 |
| 10 | 1 | 3519184 | Drehdurchführung KOSMEK JRB0610-B-G-B | | | 12,500 |
| 9 | 4 | 6062634 | BGR-1-02 | | 90MnCrV8 | 0,020 |
| 8 | 2 | 6062633 | BGR-1-01 | | C45 | 1,467 |
| 7 | 4 | 6062632 | BGR-0-07 | | C45 | 0,015 |
| 6 | 1 | 6062631 | BGR-0-06 | | C45 | 2,438 |
| 5 | 1 | 6062630 | BGR-0-05 | | C45 | 0,470 |
| 4 | 1 | 6062629 | BGR-0-04 | | C45 | 29,524 |
| 3 | 2 | 6062628 | BGR-0-03 | | C45 | 59,661 |
| 2 | 2 | 6062627 | BGR-0-02 | | C45 | 60,346 |
| 1 | 1 | 6062626 | BGR-0-01 | | C45 | 140,687 |

Oberflächenbehandlung: -
Erstelldatum: 03.02.2022

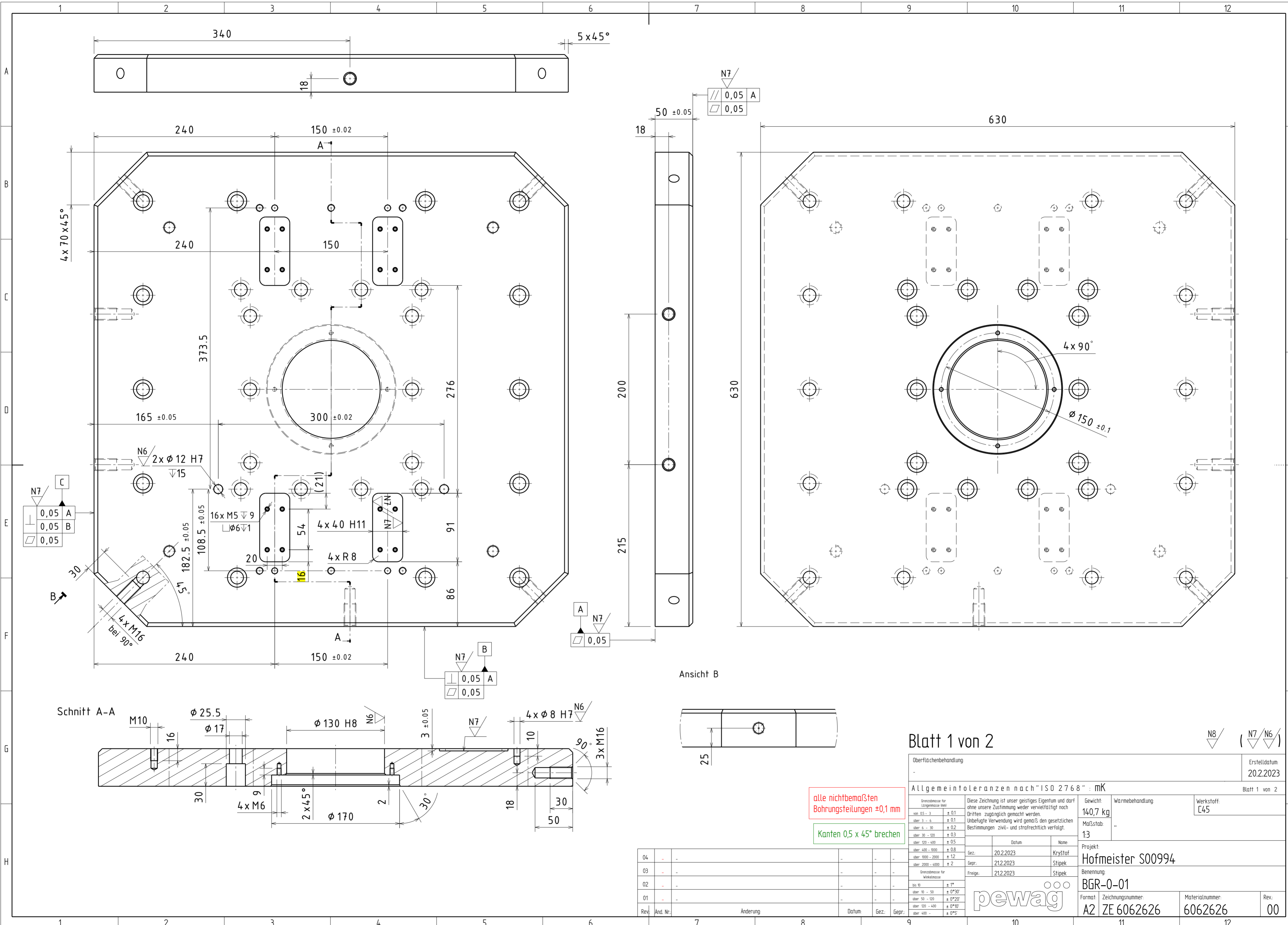
Allgemeintoleranzen nach "ISO 2768" : mK
Blatt 1 von 1

Gewicht: 445kg
Maßstab: 1:5
Projekt: Hofmeister S00994

Benennung: Spannturm
Formal: Zeichnungsnummer: A2 ZU 6062625
Materialnummer: 6062625

Rev. 00
pewag

| Rev. | Änd. Nr. | Änderung | Datum | Gez. | Gepr. |
|------|----------|----------|-------|------|-------|
| 04 | - | - | - | - | - |
| 03 | - | - | - | - | - |
| 02 | - | - | - | - | - |
| 01 | - | - | - | - | - |



Blatt 1 von 2

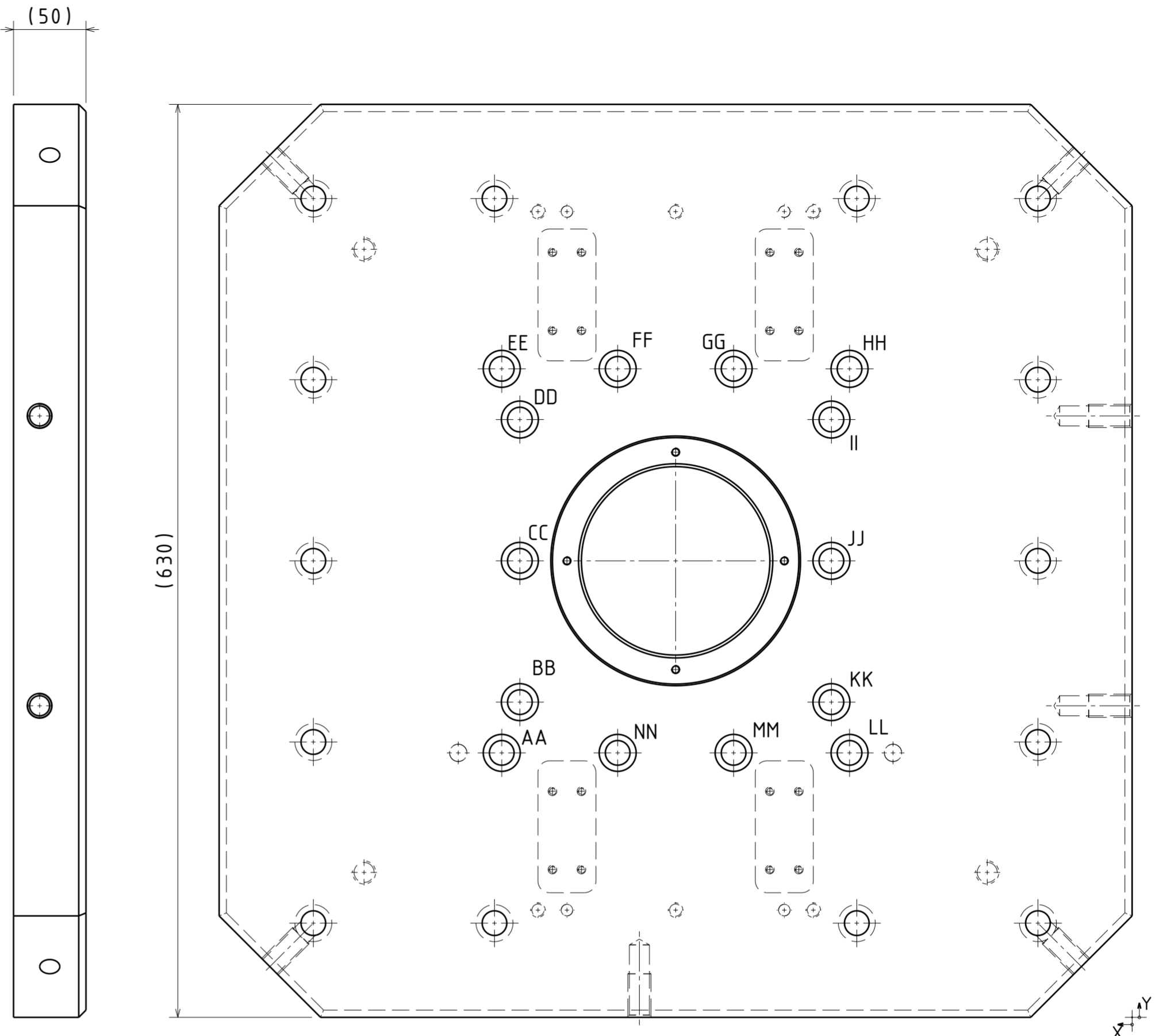
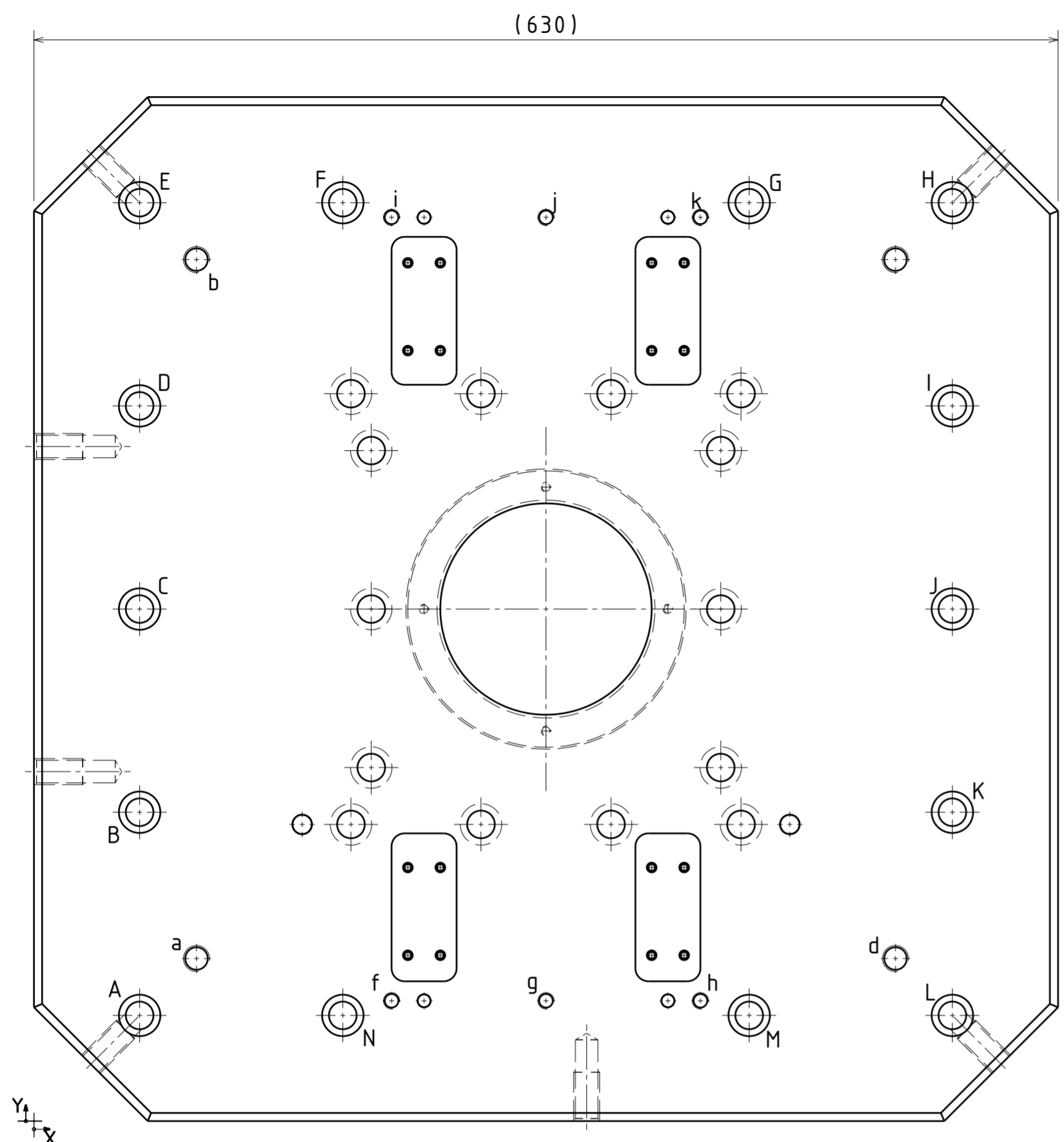
| | | | |
|--|-------------------|---------------------------|----------|
| Oberflächenbehandlung | | Erstelldatum | |
| - | | 20.2.2023 | |
| Allgemeintoleranzen nach "ISO 2768" : mK | | | |
| Grenzabmasse für Längenmasse (mm) | | Blatt 1 von 2 | |
| von 0,5 - 3 | $\pm 0,1$ | Gewicht: | 140,7 kg |
| über 3 - 6 | $\pm 0,1$ | Wärmebehandlung: | |
| über 6 - 30 | $\pm 0,2$ | Maßstab: | 1:3 |
| über 30 - 120 | $\pm 0,3$ | Projekt: | |
| über 120 - 400 | $\pm 0,5$ | Hofmeister S00994 | |
| über 400 - 1000 | $\pm 0,8$ | Benennung: | |
| über 1000 - 2000 | $\pm 1,2$ | BGR-0-01 | |
| über 2000 - 4000 | ± 2 | Formal: Zeichnungsnummer: | |
| Grenzabmasse für Winkelmasse | | Materialnummer: | |
| bis 10 | $\pm 1^\circ$ | 6062626 | |
| über 10 - 50 | $\pm 0^\circ 30'$ | Rev.: | |
| über 50 - 120 | $\pm 0^\circ 20'$ | 00 | |
| über 120 - 400 | $\pm 0^\circ 10'$ | | |
| über 400 - | $\pm 0^\circ 5'$ | | |

alle nichtbemaßten
Bohrungsteilungen $\pm 0,1$ mm

Kanten $0,5 \times 45^\circ$ brechen

| Rev. | Änd. Nr. | Änderung | Datum | Gez. | Gepr. |
|------|----------|----------|-------|------|-------|
| 04 | - | - | - | - | - |
| 03 | - | - | - | - | - |
| 02 | - | - | - | - | - |
| 01 | - | - | - | - | - |





Oberseite

| Ø17 durch □Ø22,5▽16,5 | | |
|--------------------------|-----|-----|
| REF. | X | Y |
| A | 65 | 65 |
| B | 65 | 190 |
| C | 65 | 315 |
| D | 65 | 440 |
| E | 65 | 565 |
| F | 190 | 565 |
| G | 440 | 565 |

| M16▽30 | | |
|--------|-----|-----|
| REF. | X | Y |
| a | 100 | 100 |
| b | 100 | 530 |
| c | 530 | 530 |
| d | 530 | 100 |

| M10▽16 | | |
|--------|-----|-----|
| REF. | X | Y |
| f | 220 | 74 |
| g | 315 | 74 |
| h | 410 | 74 |
| i | 220 | 556 |
| j | 315 | 556 |
| k | 410 | 556 |

Unterseite

| Ø17 durch □Ø25,5▽30 | | |
|------------------------|-------|-------|
| REF. | X | Y |
| AA | 435 | 182,5 |
| BB | 422,5 | 217,5 |
| CC | 422,5 | 315 |
| DD | 422,5 | 412,5 |
| EE | 435 | 447,5 |
| FF | 355 | 447,5 |
| GG | 275 | 447,5 |

| REF. | X | Y |
|------|-------|-------|
| HH | 195 | 447,5 |
| II | 207,5 | 412,5 |
| JJ | 207,5 | 315 |
| KK | 207,5 | 217,5 |
| LL | 195 | 182,5 |
| MM | 275 | 182,5 |
| NN | 355 | 182,5 |

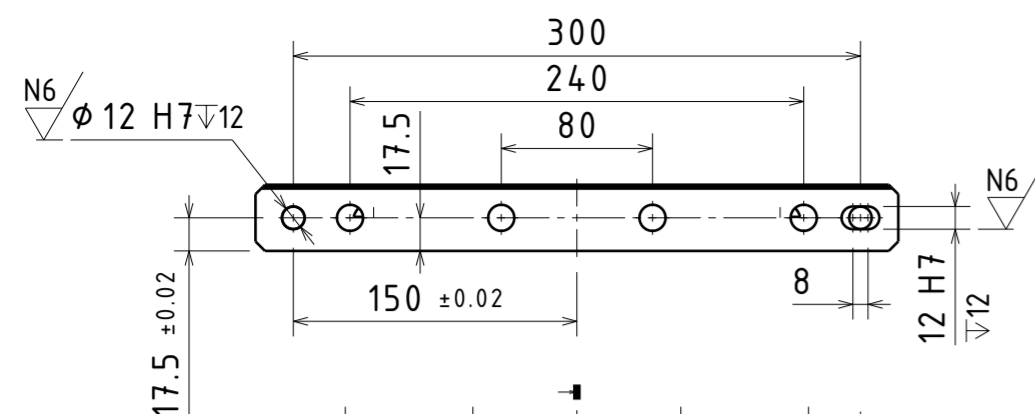
alle nichtbemaßten
Bohrungsteilungen ±0,1 mm

Kanten 0,5 x 45° brechen

Blatt 2 von 2

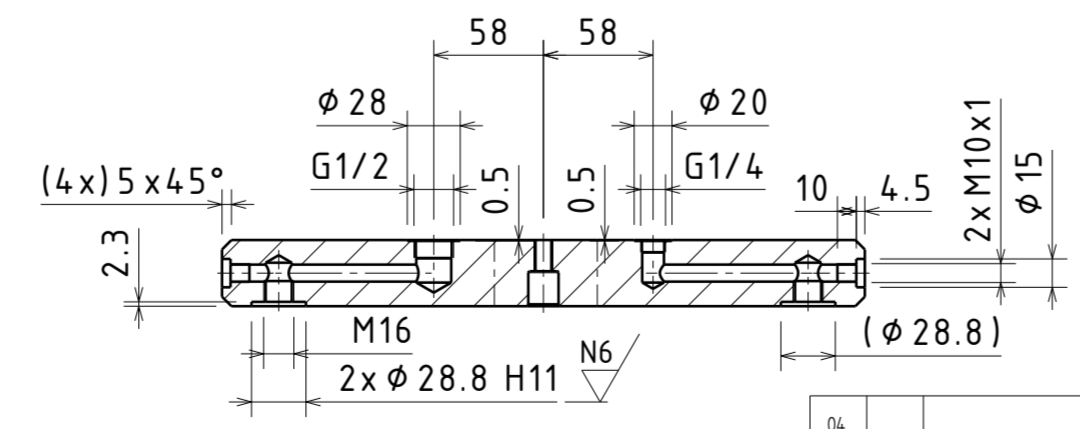
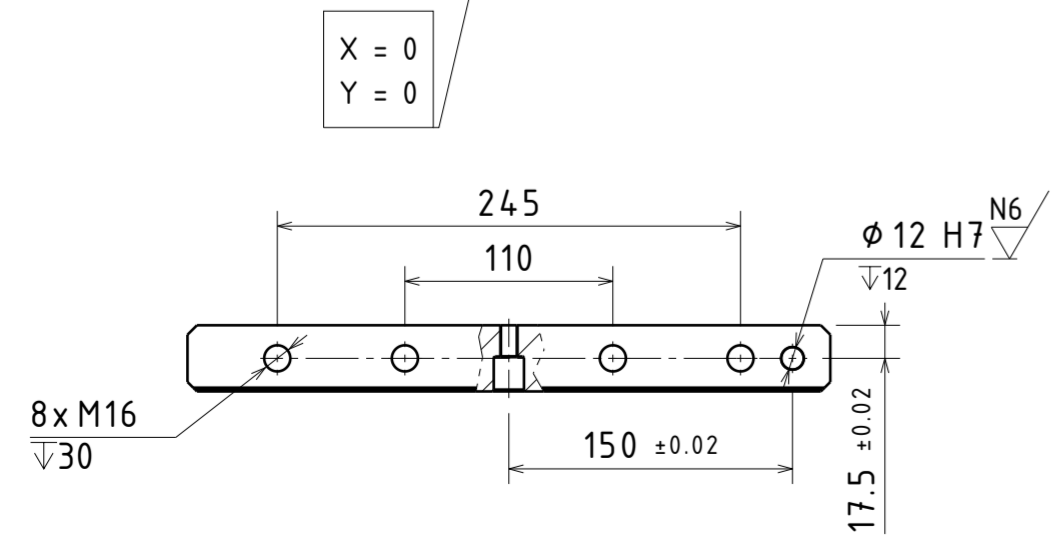
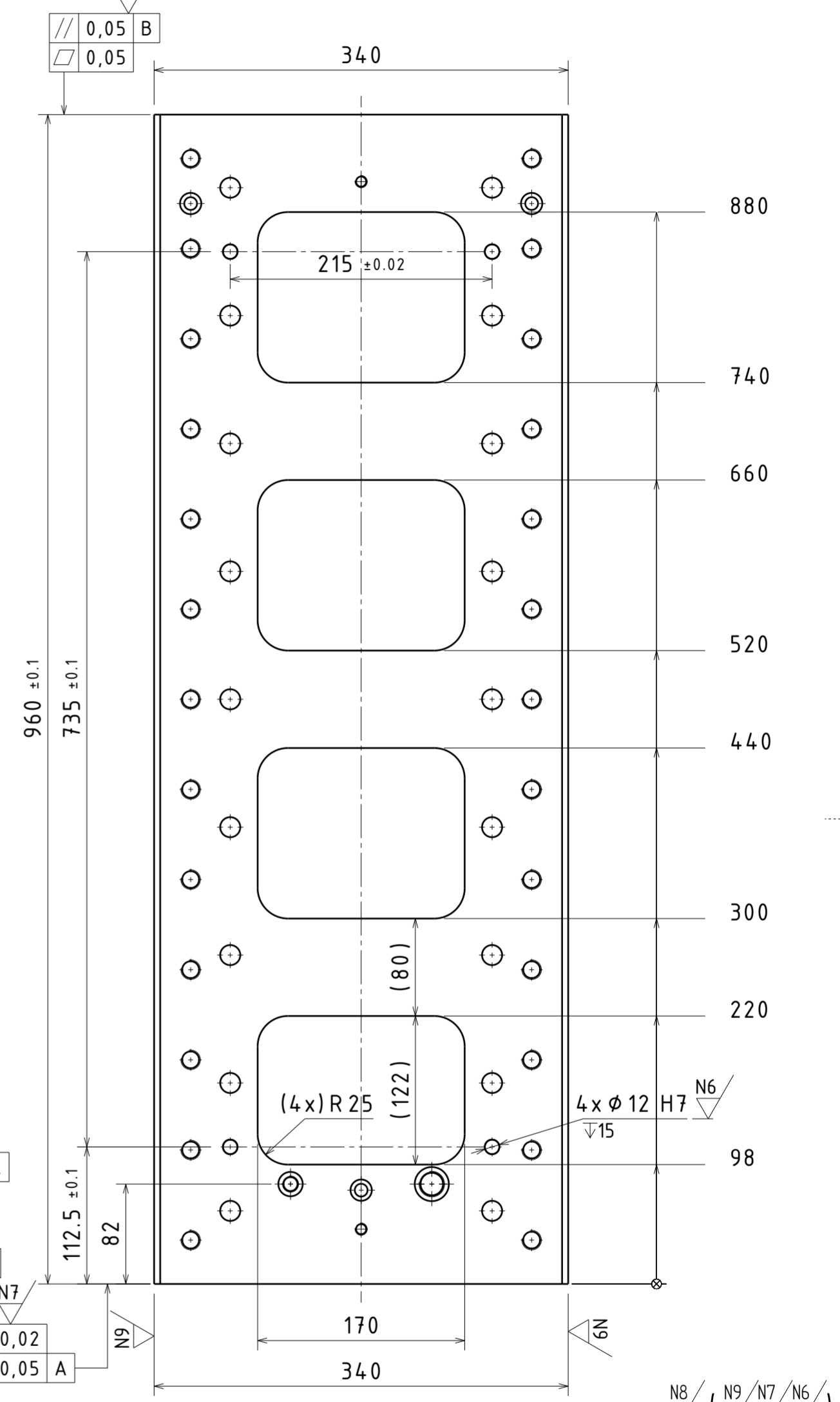
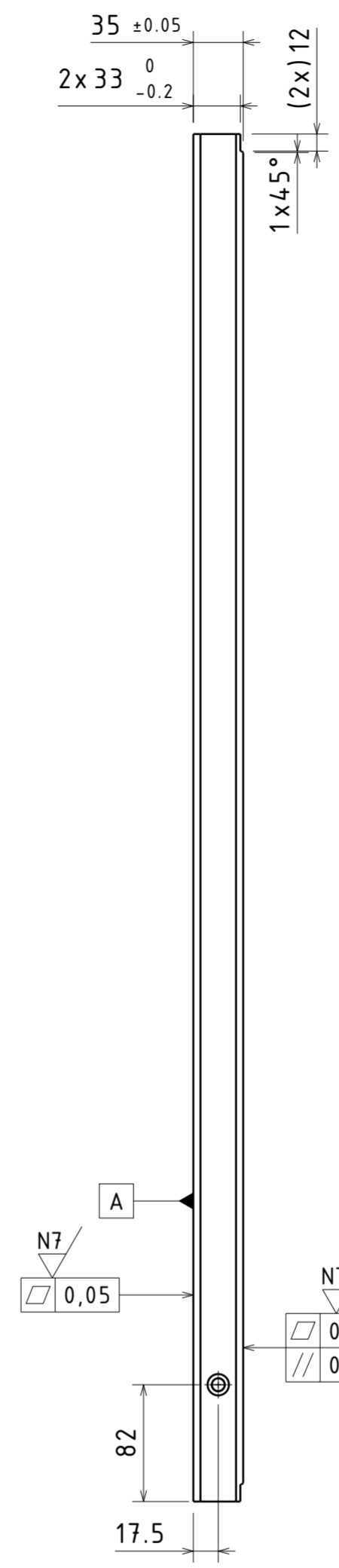
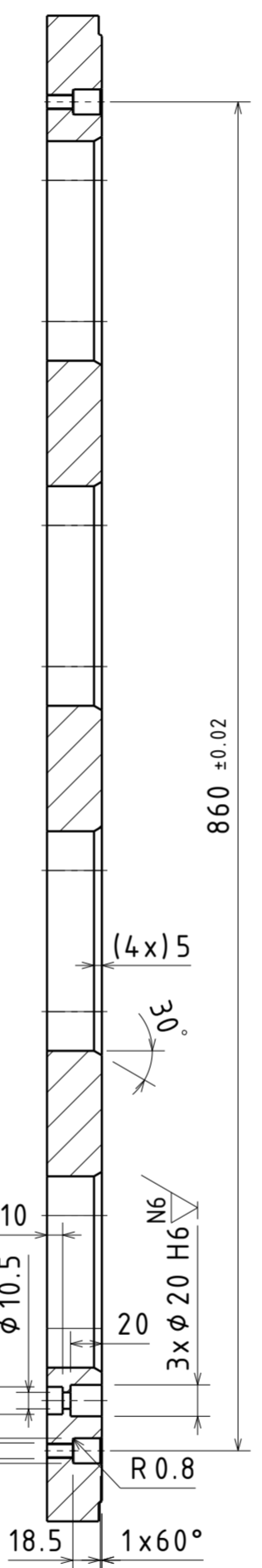
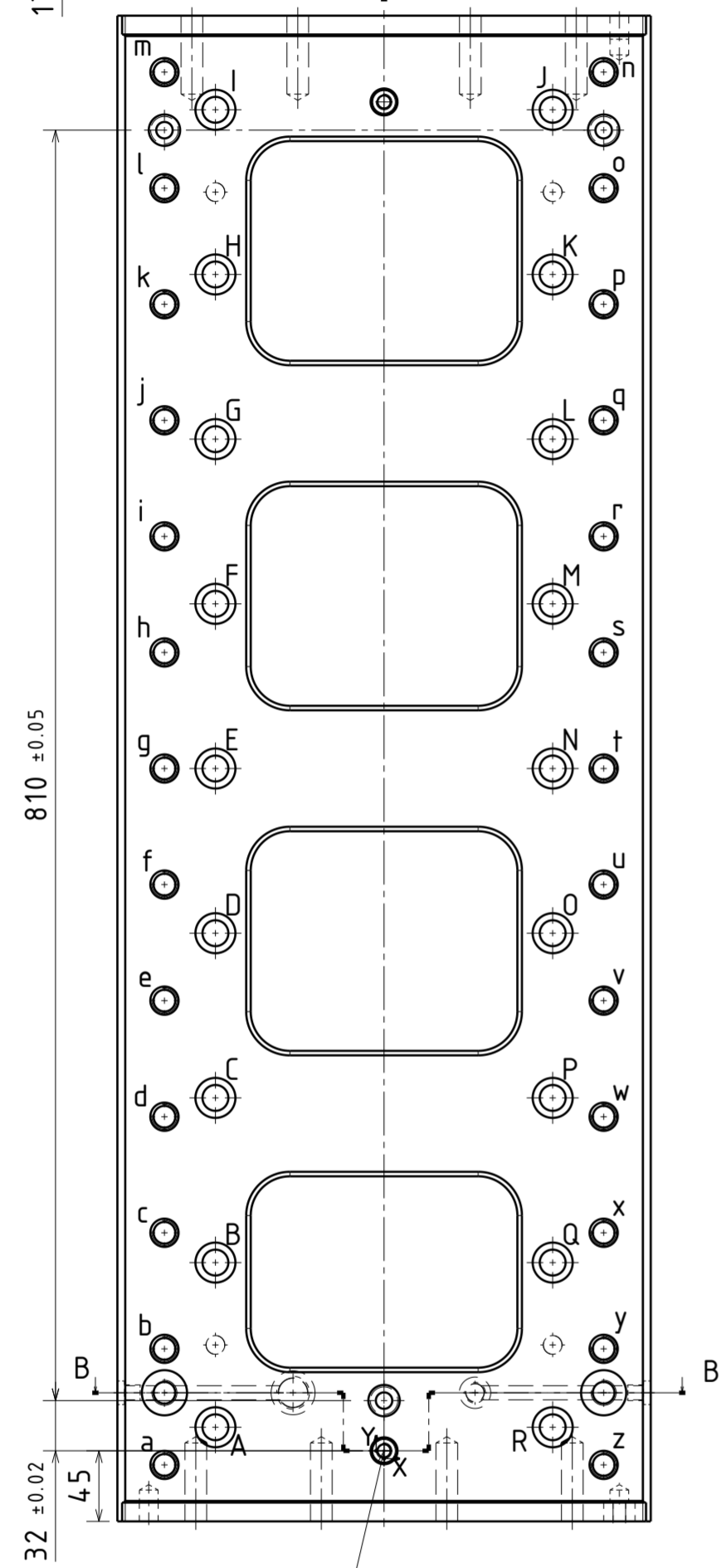
N8 (✓)

| Oberflächenbehandlung: | | Erstelldatum: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------|--|----------|-------------|-------|--------------|---------|---------------|---------|----------------|---------|----------------|--------|--|-------|------------------|-----------|------------------|---------|---|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|-------------------|------------|----------|---------|---------------|-----------------|---------|-------|----|
| - | | 20.2.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Allgemeintoleranzen nach "ISO 2768" : mK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>Grenzabweichung für Längsmasse (mm)</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>von 0,5 - 3</td><td>± 0,1</td></tr> <tr><td>über 3 - 6</td><td>± 0,1</td></tr> <tr><td>über 6 - 30</td><td>± 0,2</td></tr> <tr><td>über 30 - 120</td><td>± 0,3</td></tr> <tr><td>über 120 - 400</td><td>± 0,5</td></tr> <tr><td>über 400 - 1000</td><td>± 0,8</td></tr> <tr><td>über 1000 - 2000</td><td>± 1,2</td></tr> <tr><td>über 2000 - 4000</td><td>± 2</td></tr> </tbody> </table> | | Grenzabweichung für Längsmasse (mm) | | von 0,5 - 3 | ± 0,1 | über 3 - 6 | ± 0,1 | über 6 - 30 | ± 0,2 | über 30 - 120 | ± 0,3 | über 120 - 400 | ± 0,5 | über 400 - 1000 | ± 0,8 | über 1000 - 2000 | ± 1,2 | über 2000 - 4000 | ± 2 | <table border="1"> <tr> <td>Gewicht:</td> <td>140,7 kg</td> </tr> <tr> <td>Maßstab:</td> <td>1:3</td> </tr> <tr> <td>Projekt:</td> <td>Hofmeister S00994</td> </tr> <tr> <td>Benennung:</td> <td>BGR-0-01</td> </tr> <tr> <td>Format:</td> <td>A2 ZE 6062626</td> </tr> <tr> <td>Materialnummer:</td> <td>6062626</td> </tr> <tr> <td>Rev.:</td> <td>00</td> </tr> </table> | | Gewicht: | 140,7 kg | Maßstab: | 1:3 | Projekt: | Hofmeister S00994 | Benennung: | BGR-0-01 | Format: | A2 ZE 6062626 | Materialnummer: | 6062626 | Rev.: | 00 |
| Grenzabweichung für Längsmasse (mm) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| von 0,5 - 3 | ± 0,1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| über 3 - 6 | ± 0,1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| über 6 - 30 | ± 0,2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| über 30 - 120 | ± 0,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| über 120 - 400 | ± 0,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| über 400 - 1000 | ± 0,8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| über 1000 - 2000 | ± 1,2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| über 2000 - 4000 | ± 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gewicht: | 140,7 kg | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Maßstab: | 1:3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Projekt: | Hofmeister S00994 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Benennung: | BGR-0-01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Format: | A2 ZE 6062626 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Materialnummer: | 6062626 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rev.: | 00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Diese Zeichnung ist unser geistiges Eigentum und darf ohne unsere Zustimmung weder vervielfältigt noch Dritten zugänglich gemacht werden. Unbefugte Verwendung wird gemäß den gesetzlichen Bestimmungen zivil- und strafrechtlich verfolgt.</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>Grenzabweichung für Winkelmaße</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>bis 10</td><td>± 1°</td></tr> <tr><td>über 10 - 50</td><td>± 0°30'</td></tr> <tr><td>über 50 - 120</td><td>± 0°20'</td></tr> <tr><td>über 120 - 400</td><td>± 0°10'</td></tr> <tr><td>über 400 -</td><td>± 0°5'</td></tr> </tbody> </table> | | Grenzabweichung für Winkelmaße | | bis 10 | ± 1° | über 10 - 50 | ± 0°30' | über 50 - 120 | ± 0°20' | über 120 - 400 | ± 0°10' | über 400 - | ± 0°5' | <table border="1"> <tr> <td>Datum:</td> <td>20.2.2023</td> <td>Name:</td> <td>Kryštof</td> </tr> <tr> <td>Gez.:</td> <td>21.2.2023</td> <td>Stempel:</td> <td>Stipek</td> </tr> <tr> <td>Freige.:</td> <td>21.2.2023</td> <td>Stempel:</td> <td>Stipek</td> </tr> </table> | | Datum: | 20.2.2023 | Name: | Kryštof | Gez.: | 21.2.2023 | Stempel: | Stipek | Freige.: | 21.2.2023 | Stempel: | Stipek | | | | | | | | |
| Grenzabweichung für Winkelmaße | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| bis 10 | ± 1° | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| über 10 - 50 | ± 0°30' | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| über 50 - 120 | ± 0°20' | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| über 120 - 400 | ± 0°10' | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| über 400 - | ± 0°5' | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Datum: | 20.2.2023 | Name: | Kryštof | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gez.: | 21.2.2023 | Stempel: | Stipek | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Freige.: | 21.2.2023 | Stempel: | Stipek | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>Rev.</th> <th>Änd. Nr.</th> <th>Änderung</th> <th>Datum</th> <th>Gez.</th> <th>Gepr.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>04</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>03</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>02</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>01</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr> </tbody> </table> | | Rev. | Änd. Nr. | Änderung | Datum | Gez. | Gepr. | 04 | - | - | - | - | - | 03 | - | - | - | - | - | 02 | - | - | - | - | - | 01 | - | - | - | - | - | <p>pewag</p> | | | |
| Rev. | Änd. Nr. | Änderung | Datum | Gez. | Gepr. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 04 | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 03 | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 02 | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 01 | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



| REF. X | | REF. X | | REF. X | |
|--------|------|--------|------|--------|-----|
| a | -140 | l | -140 | w | 140 |
| b | -140 | m | -140 | x | 140 |
| c | -140 | n | 140 | y | 140 |
| d | -140 | o | 140 | z | 140 |
| e | -140 | p | 140 | | |
| f | -140 | q | 140 | | |
| g | -140 | r | 140 | | |
| h | -140 | s | 140 | | |
| i | -140 | t | 140 | | |
| j | -140 | u | 140 | | |
| k | -140 | v | 140 | | |

| REF. X | | REF. X | |
|--------|--------|--------|-------|
| A | -107,5 | L | 107,5 |
| B | -107,5 | M | 107,5 |
| C | -107,5 | N | 107,5 |
| D | -107,5 | O | 107,5 |
| E | -107,5 | P | 107,5 |
| F | -107,5 | Q | 107,5 |
| G | -107,5 | R | 107,5 |
| H | -107,5 | | |
| I | -107,5 | | |
| J | 107,5 | | |
| K | 107,5 | | |



Schnitt B-B
1:4

alle nichtbemaßten
Bohrungsteilungen ±0,1 mm
Kanten 0,5 x 45° brechen

| Rev. | Änd. Nr. | Änderung | Datum | Gez. | Gepr. |
|------|----------|----------|-------|------|-------|
| 04 | - | - | - | - | - |
| 03 | - | - | - | - | - |
| 02 | - | - | - | - | - |
| 01 | - | - | - | - | - |

Oberflächenbehandlung: -

Erstelldatum: 13.2.2023

Blatt 1 von 1

Allgemeintoleranzen nach "ISO 2768" : mK

| | | | | |
|--|---|-----------------|------------------|----------------|
| Grenzabweichung für Längengrößen (mm) | Diese Zeichnung ist unser geistiges Eigentum und darf ohne unsere Zustimmung weder vervielfältigt noch Dritten zugänglich gemacht werden. Unbefugte Verwendung wird gemäß den gesetzlichen Bestimmungen zivil- und strafrechtlich verfolgt. | Gewicht: 60,346 | Wärmebehandlung: | Werkstoff: C45 |
| von 0,5 - 3 ± 0,1 | | Maßstab: 1:4 | | |
| über 3 - 6 ± 0,1 | | | | |
| über 6 - 30 ± 0,2 | | | | |
| über 30 - 120 ± 0,3 | | | | |
| über 120 - 400 ± 0,5 | | | | |
| über 400 - 1000 ± 0,8 | | | | |
| über 1000 - 2000 ± 1,2 | | | | |
| über 2000 - 4000 ± 2 | | | | |
| Grenzabweichung für Winkelgrößen | | | | |
| bis 10 ± 1° | | | | |
| über 10 - 50 ± 0°30' | | | | |
| über 50 - 120 ± 0°20' | | | | |
| über 120 - 400 ± 0°10' | | | | |
| über 400 - ± 0°5' | | | | |

Projekt: Hofmeister S00994

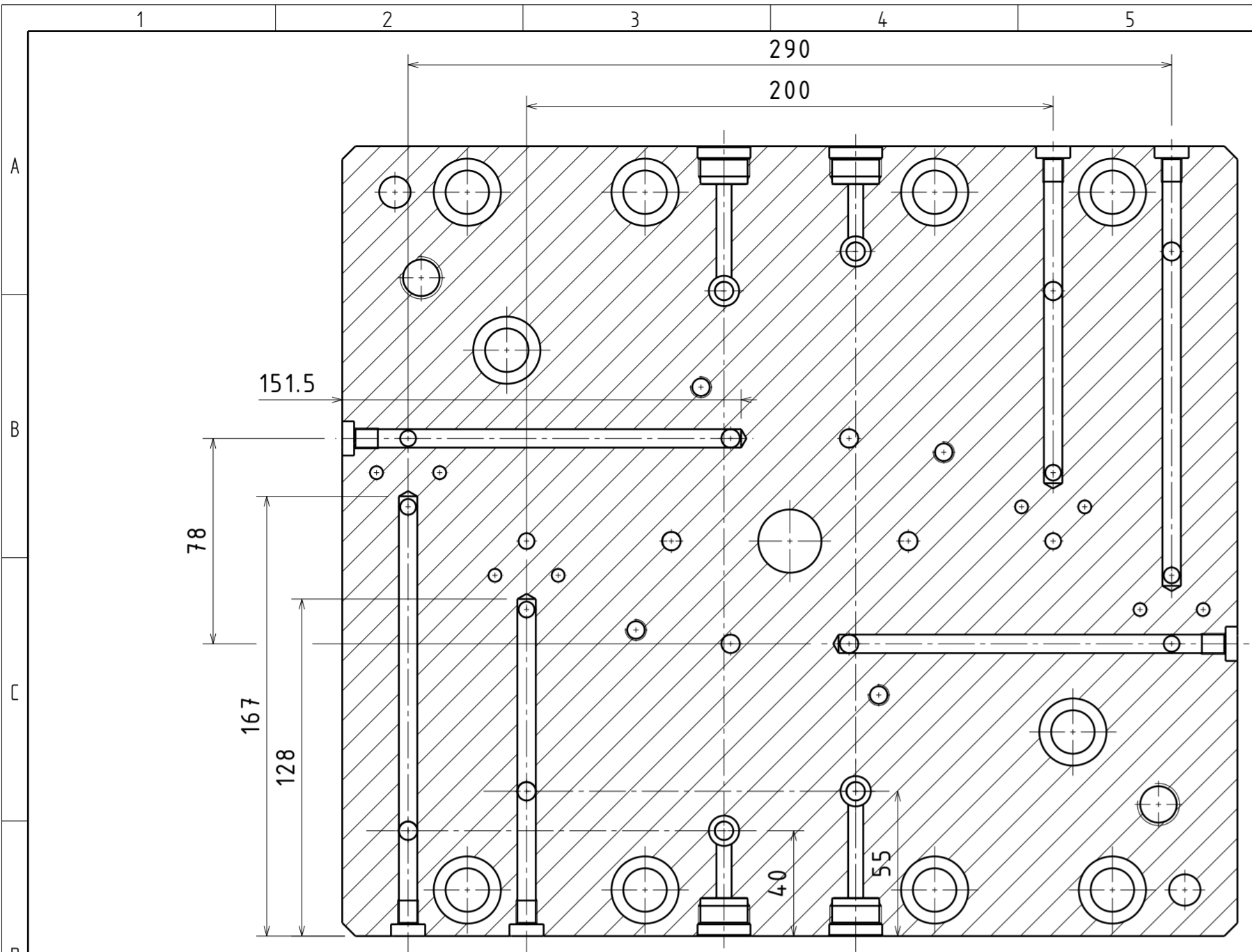
Benennung: BGR-0-02

Formal: Zeichnungsnummer: A2 ZE 6062627

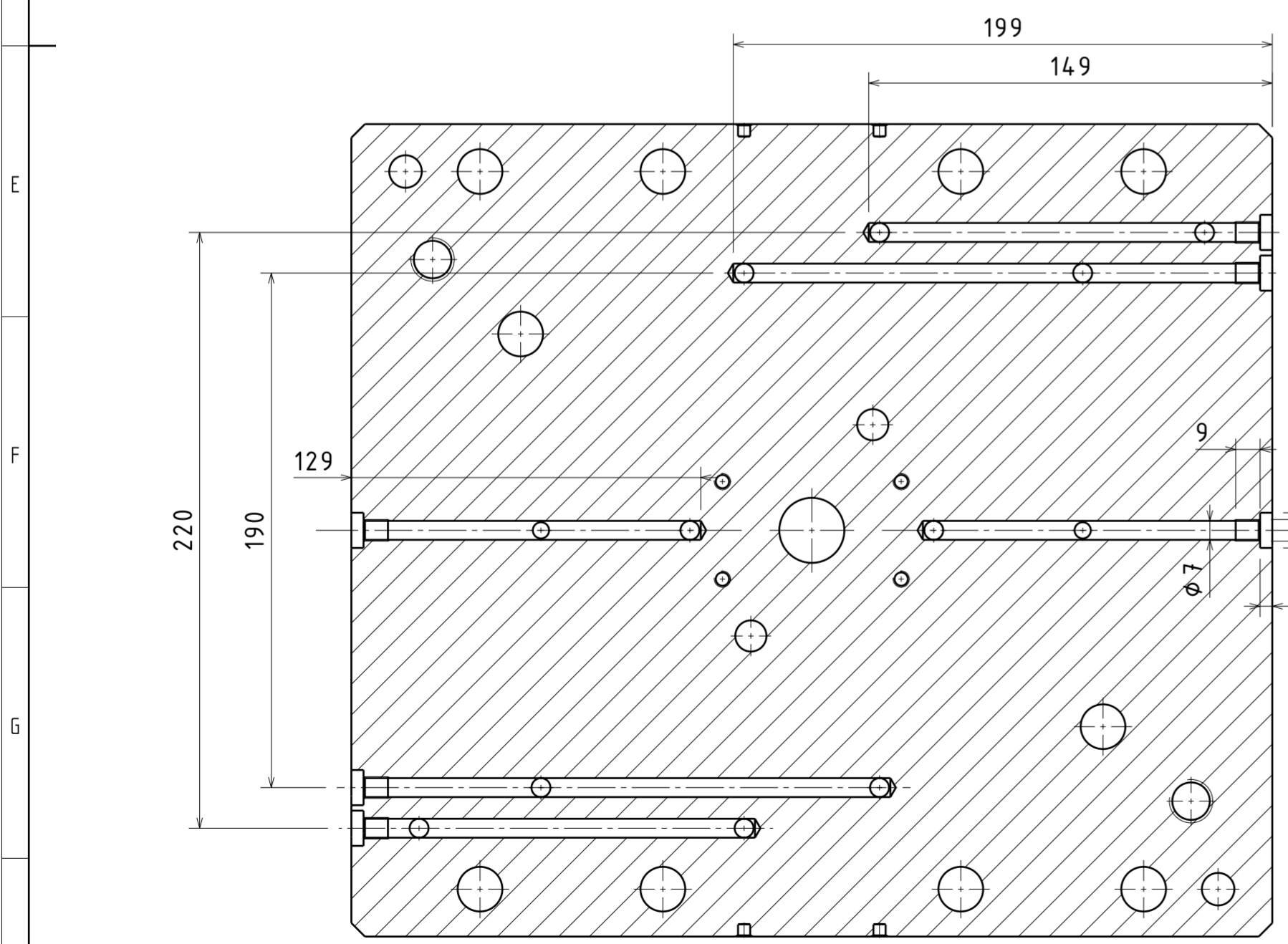
Materialnummer: 6062627

Rev.: 00

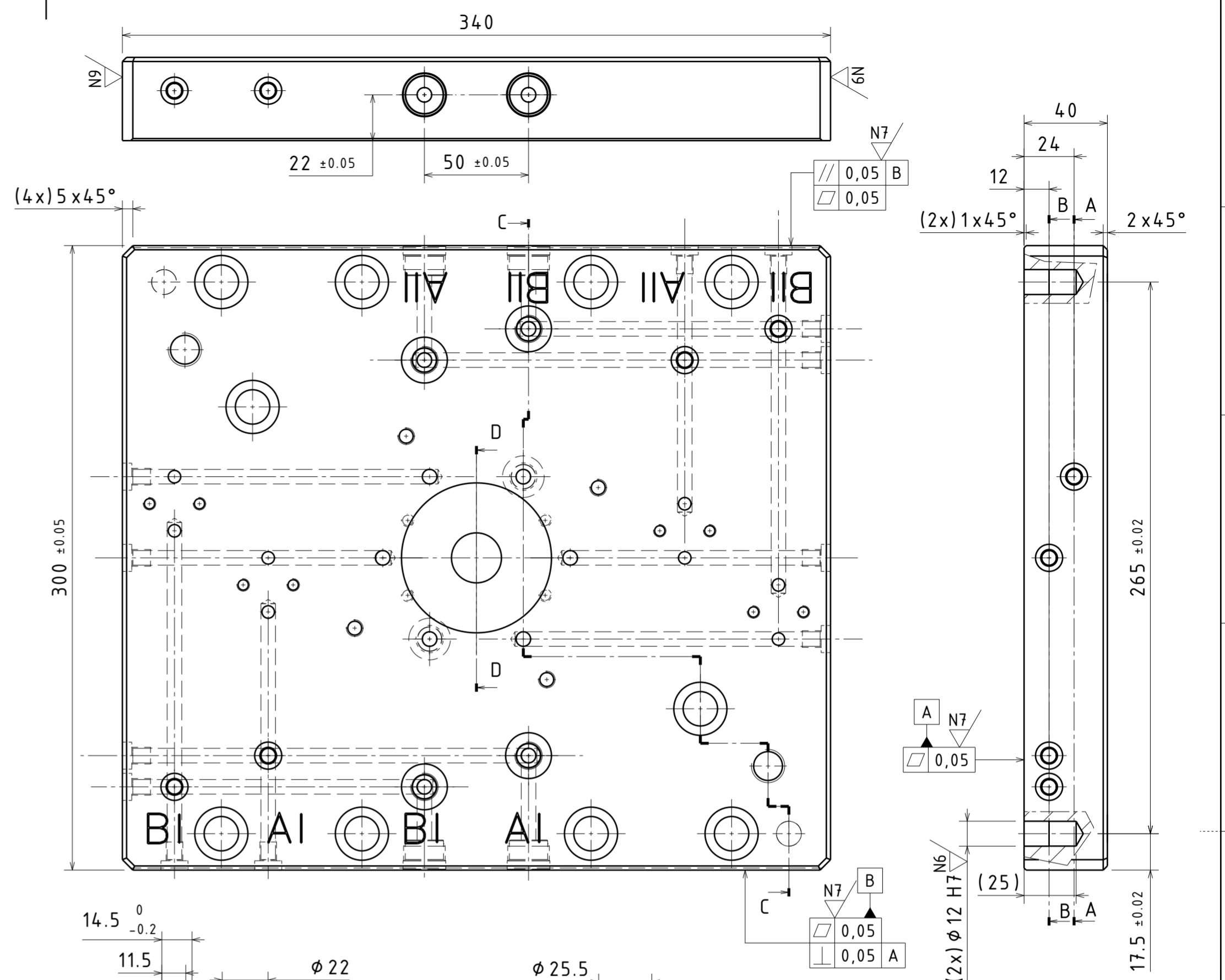
pewag



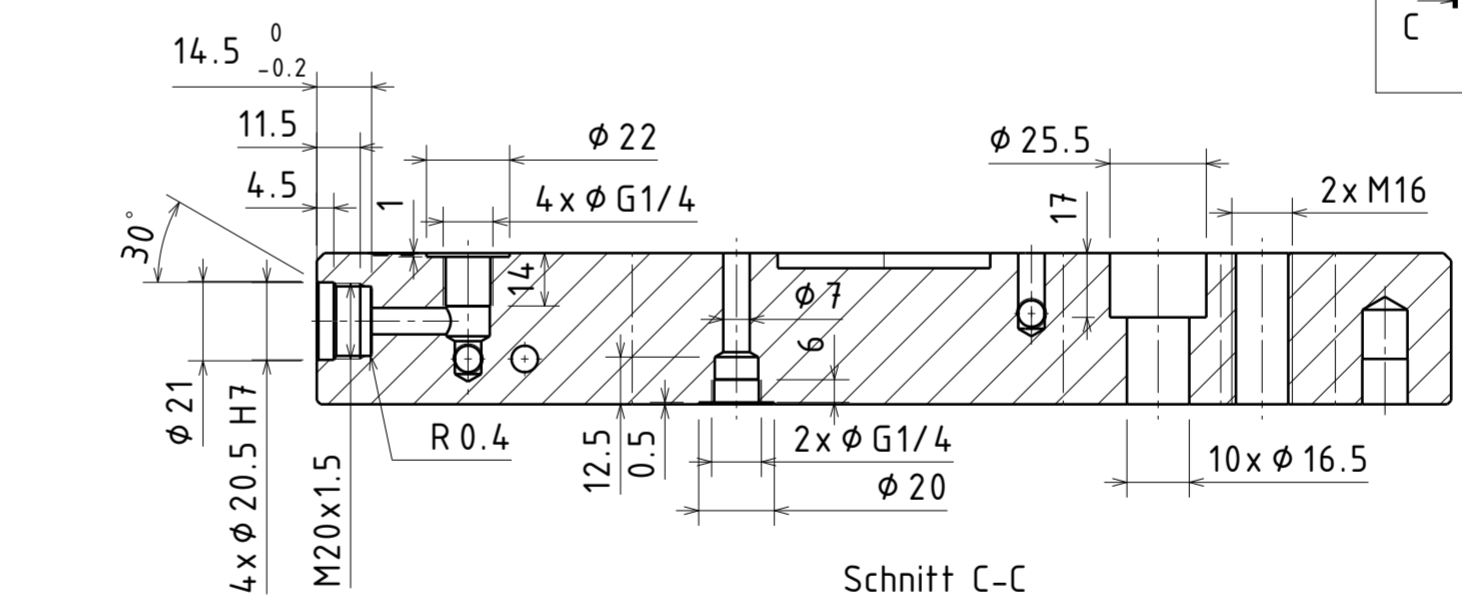
Schnitt A-A



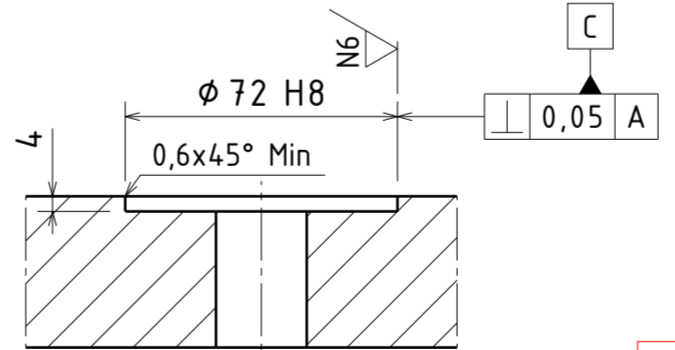
Schnitt B-B



Schnitt C-C



Schnitt D-D



Schnitt D-D

alle nichtbemaßten
Bohrungsteilungen ±0,1 mm

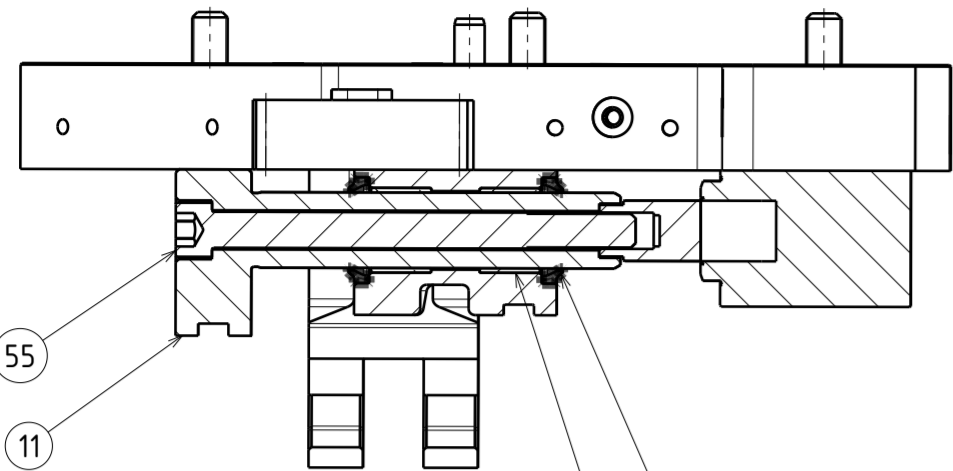
Kanten 0,5 x 45° brechen

| Rev. | Änd. Nr. | Änderung | Datum | Gez. | Gepr. |
|------|----------|----------|-------|------|-------|
| 04 | - | - | - | - | - |
| 03 | - | - | - | - | - |
| 02 | - | - | - | - | - |
| 01 | - | - | - | - | - |

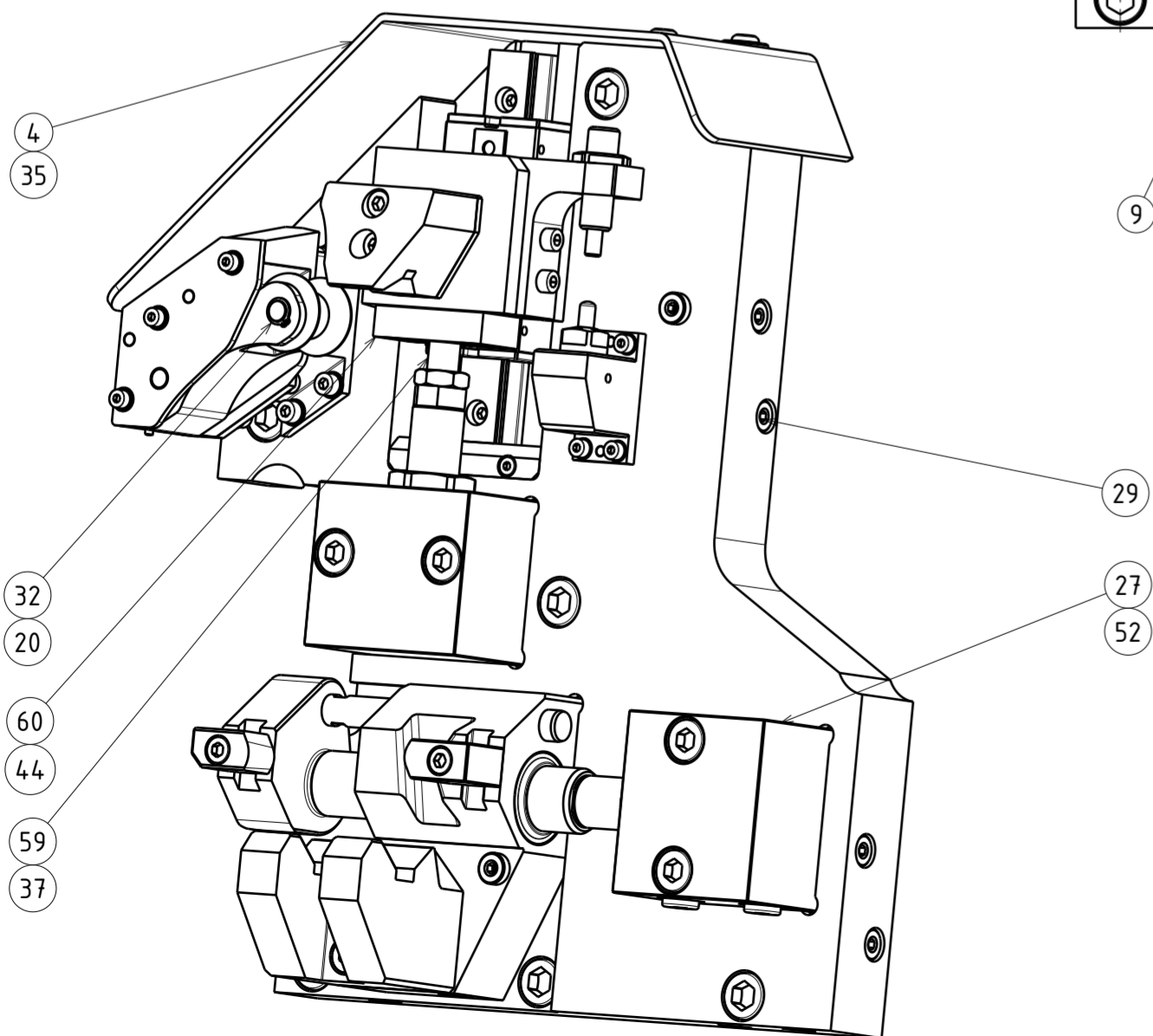
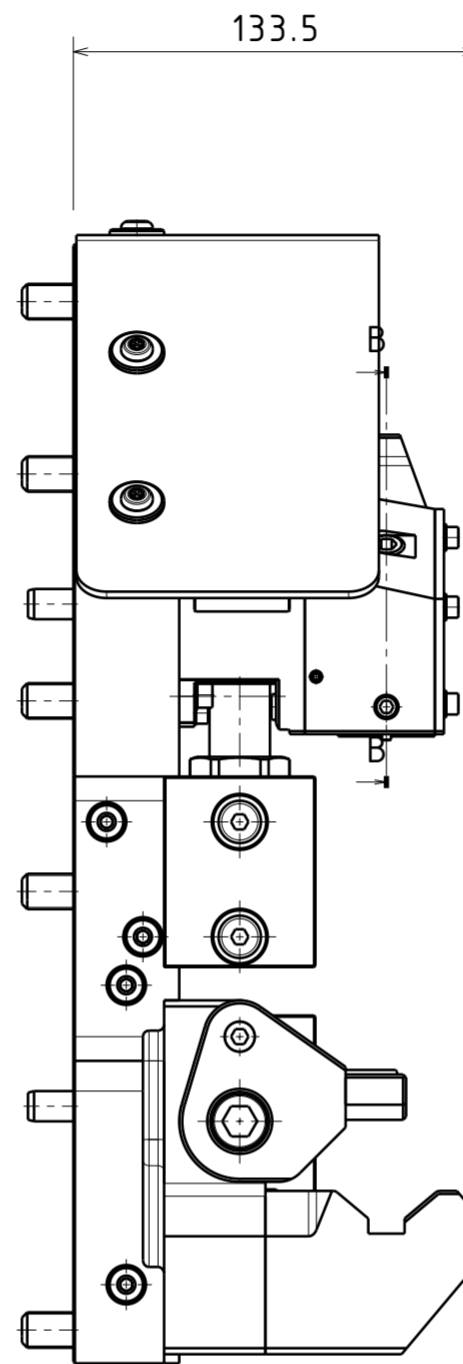
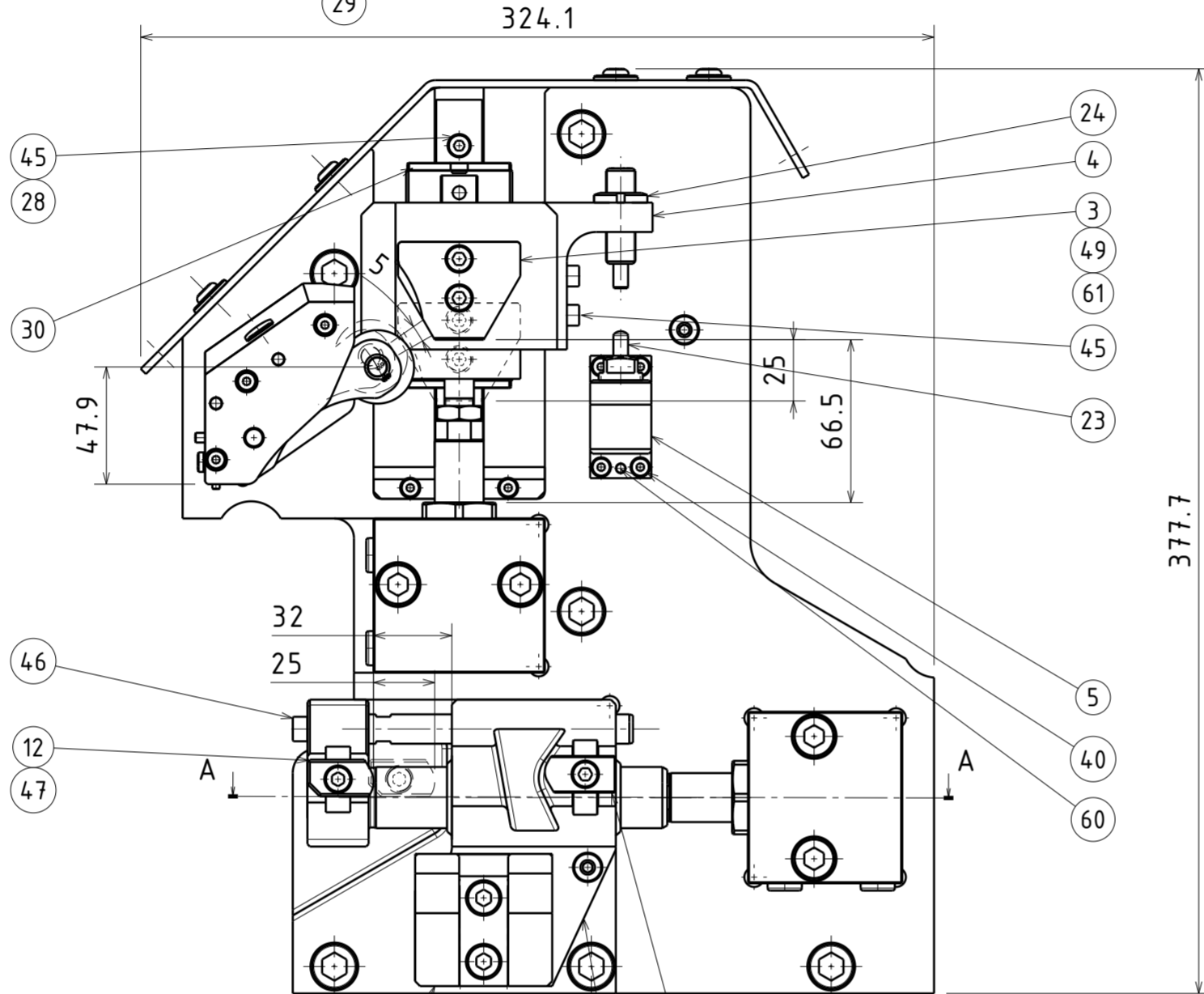
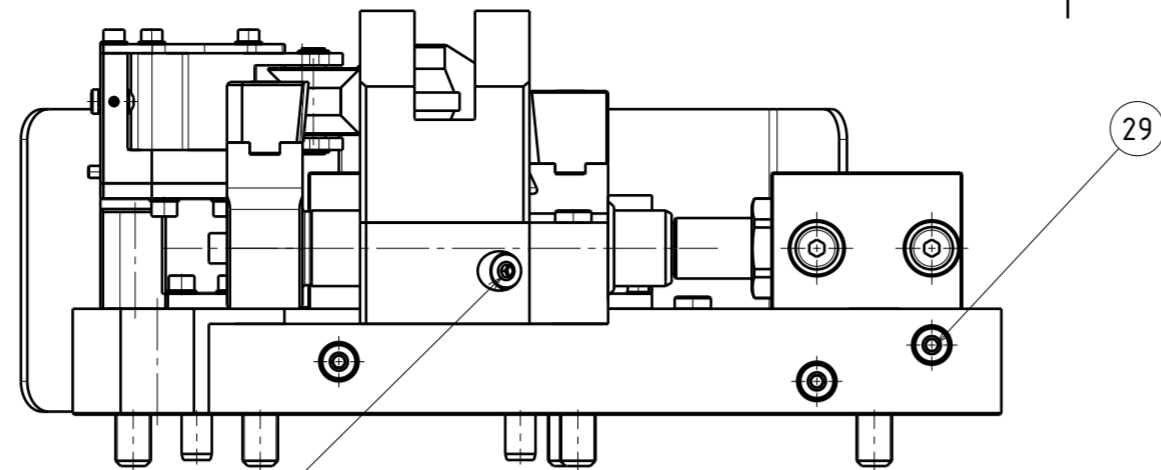
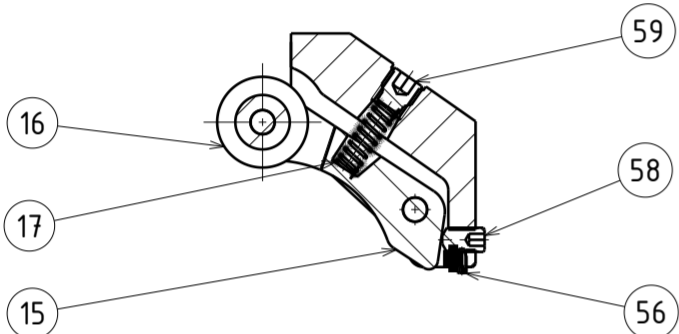
| | | | |
|---|---|--|--|
| Oberflächenbehandlung | | Erstelldatum 17.2.2023 | |
| Allgemeintoleranzen nach "ISO 2768" : mK | | | |
| Diese Zeichnung ist unser geistiges Eigentum und darf ohne unsere Zustimmung weder vervielfältigt noch Dritten zugänglich gemacht werden. Unbefugte Verwendung wird gemäß den gesetzlichen Bestimmungen zivil- und strafrechtlich verfolgt. | | Blatt 2 von 2 | |
| Grenzwerte für Längsmasse (mm) von 0,5 - 3 ± 0,1 über 3 - 6 ± 0,1 über 6 - 30 ± 0,2 über 30 - 120 ± 0,3 über 120 - 400 ± 0,5 über 400 - 1000 ± 0,8 über 1000 - 2000 ± 1,2 über 2000 - 4000 ± 2 | Gewicht: 29,52 Maßstab: 1:2 | Wärmebehandlung: Werkstoff: C45 | Projekt: Hofmeister S00994 Benennung: BGR-0-04 |
| Grenzwerte für Winkelmasse bis 10 ± 1° über 10 - 50 ± 0°30' über 50 - 120 ± 0°20' über 120 - 400 ± 0°10' über 400 - ± 0°5' | Datum: 17.2.2023 Gepr.: 21.2.2023 Freige.: 21.2.2023 | Name: KryStof Stipek ipek | Formel: A2 ZU 6062629 Zeichnungsnummer: 6062629 Materialnummer: 6062629 |
| Rev. Änderung Datum Gez. Gepr. | | Formel: A2 ZU 6062629 Zeichnungsnummer: 6062629 Materialnummer: 6062629 Rev. 00 | |



Schnitt A-A
Scale: 2:5



Schnitt B-B
Scale: 2:5



| | | | | | |
|----|---|--------------------------|----------|------|-------|
| 67 | | Zylinderstift 10m6x28 | ISO8735 | | |
| 66 | 2 | Zylinderstift 8m6x18 | ISO8735 | | |
| 65 | | Zylinderstift 8m6x16 | ISO8735 | | |
| 64 | 2 | Zylinderstift 8m6x14 | ISO8735 | | 0,003 |
| 63 | 2 | Zylinderstift 8m6x12 | ISO8735 | | 0,003 |
| 62 | | Zylinderstift 6h5x8 | ISO2338 | | 0,003 |
| 61 | 2 | Zylinderstift 4m6x14 | ISO8734 | | 0,003 |
| 60 | 2 | Zylinderstift 4m4x12 | ISO8734 | | 0,003 |
| 59 | | Schraube 12x12 schwarz | ISO4027 | 8.8 | 0,007 |
| 58 | 1 | Schraube 8x14 schwarz | ISO4027 | 12.9 | 0,005 |
| 57 | | Schraube 4x20 schwarz | ISO 4028 | 8.8 | 0,004 |
| 56 | | Schraube 3x8 schwarz | ISO 4028 | 8.8 | 0,003 |
| 55 | | Schraube M12x120 schwarz | ISO 4762 | 12.9 | 0,022 |
| 54 | 4 | Schraube M12x40 schwarz | ISO 4762 | 12.9 | 0,046 |
| 53 | 2 | Schraube M12x35 schwarz | ISO 4762 | 12.9 | 0,046 |

| | | | | | | |
|----|----|---------|--|-----------|-------------|--------|
| 52 | 4 | 3003912 | Schraube M10x55 schwarz | ISO 4762 | 12.9 | 0,046 |
| 51 | 2 | 3003927 | Schraube M8x40 schwarz | ISO 4762 | 12.9 | 0,022 |
| 50 | 4 | 3003937 | Schraube M8x30 schwarz | ISO 4762 | 12.9 | 0,022 |
| 49 | | 3003501 | Schraube M6x35 schwarz | ISO 4762 | 12.9 | 0,011 |
| 48 | 1 | 3003924 | Schraube M6x30 schwarz | ISO 4762 | 12.9 | 0,009 |
| 47 | 1 | 3000337 | Schraube M6x25 schwarz | ISO 4762 | 12.9 | 0,008 |
| 46 | | 3003922 | Schraube M6x12 schwarz | ISO 4762 | 12.9 | 0,022 |
| 45 | 11 | | Schraube M5x20 schwarz | ISO 4762 | | |
| 44 | | 3001328 | Schraube M5x16 schwarz | ISO 4762 | 12.9 | 0,004 |
| 43 | 4 | 3003919 | Schraube M5x12 verzinkt | ISO7380-1 | 8.8 | 0,003 |
| 42 | 4 | 3003935 | Schraube M5x12 schwarz | ISO 4762 | 12.9 | 0,004 |
| 41 | 2 | | Schraube M4x25 schwarz | ISO 4762 | | |
| 40 | 4 | | Schraube M4x12 schwarz | ISO 4762 | | |
| 39 | | 3000302 | Schraube M4x10 schwarz | ISO 4762 | 12.9 | 0,002 |
| 38 | | | Schraube M4x8 schwarz | ISO 4762 | | 0,002 |
| 37 | 1 | | NiedrigeMuttern M12 | ISO 4035 | | 0,003 |
| 36 | 8 | | Scheibe 6x18 verzinkt | ISO7093-1 | | 0,001 |
| 35 | 8 | 3000101 | Scheibe 5x10 verzinkt | ISO7093-1 | | 0,001 |
| 34 | 4 | | Scheibe 5x10 verzinkt | ISO7093-1 | | 0,001 |
| 33 | 7 | | Scheibe 4x8 verzinkt | ISO 7092 | | |
| 32 | 2 | | Sicherungsringe Ø8 | DIN 471 | | 0 |
| 31 | 11 | 3519164 | O-Ring 8x3 | | NBR70 | 0,0002 |
| 30 | 1 | | RGW20CC | | | 0,44 |
| 29 | 15 | 3519151 | Gewindestopfen VHM 90-08ED HansaFlex | | | 0,006 |
| 28 | 1 | | Lineare Führungsbahn HIWIN 140mm | | | 0,386 |
| 27 | 2 | | Blockzylinder KOSMEK DBC0320-CS | | | 1,61 |
| 26 | 2 | 3519168 | Wischerring Henlich A37 25x35x5 | | NBR | 0,002 |
| 25 | 2 | 3519166 | Eingewickelte gerade Buchse SKF PRM 252820 | | Bronze | 0,022 |
| 24 | 1 | 3519167 | Ventilschutzpatrone Hydroblock CPV01 | | | 0,032 |
| 23 | 1 | 3519160 | Kontrollventil Hydroblock VCS03 | | | 0,027 |
| 22 | | 6062675 | BGR-2-08 KHSW 13 | | C45 | 0,62 |
| 21 | | 6062674 | BGR-2-07 KHSW 13 | | C45 | 0,065 |
| 20 | | 6062673 | BGR-2-06 KHSW 13 | | 42CrMoS4+QT | 0,014 |
| 19 | | 6062672 | BGR-2-05 KHSW 13 | | 42CrMoS4+QT | 0,018 |
| 18 | | 6062671 | BGR-2-04 KHSW 13 | | C45 | 0,73 |
| 17 | | 6062670 | BGR-2-03 KHSW 13 | | | 0,002 |
| 16 | | 6062669 | BGR-2-02 KHSW 13 | | Albrmt-A300 | 0,058 |
| 15 | | 6062668 | BGR-2-01 KHSW 13 | | C45 | 0,224 |
| 14 | | 6062667 | BGR-1-06 KHSW 13 | | 90MnCrV8 | 0,069 |
| 13 | | 6062666 | BGR-1-05 KHSW 13 | | 42CrMoS4+QT | 0,112 |
| 12 | | 6062665 | BGR-1-04 KHSV 13 | | 90MnCrV8 | 0,051 |
| 11 | | 6062664 | BGR-1-03 KHSW 13 | | 42CrMoS4+QT | 0,749 |
| 10 | | 6062663 | BGR-1-02 KHSW 13 | | C45 | 1,973 |
| 9 | | 6062662 | BGR-1-01 KHSW 13 | | 42CrMoS4+QT | 1,079 |
| 8 | | 6062661 | BGR-0-07 KHSW 13 | | C45 | 0,035 |
| 7 | | 6062660 | BGR-0-06 KHSW 13 | | 42CrMoS4+QT | 0,08 |
| 6 | | 6062659 | BGR-0-05 KHSW 13 | | 42CrMoS4+QT | 0,043 |
| 5 | | 6062658 | BGR-0-04 KHSW 13 | | C45 | 0,202 |
| 4 | | 6062657 | BGR-0-03 KHSW 13 | | C45 | 0,16 |
| 3 | | 6062656 | BGR-0-02 KHSV 13 | | 42CrMoS4+QT | 0,387 |
| 2 | | 6062655 | BGR-0-01 KHSW 13 | | C45 | 1,224 |
| 1 | | 6062652 | Grundplatte KHSW 13 | | C45 | 18,002 |

Pos. Stk. Mat.Nr. Benennung Norm. Werkstoff Gew./Stk.

Oberflächenbehandlung: - Erstelldatum: -

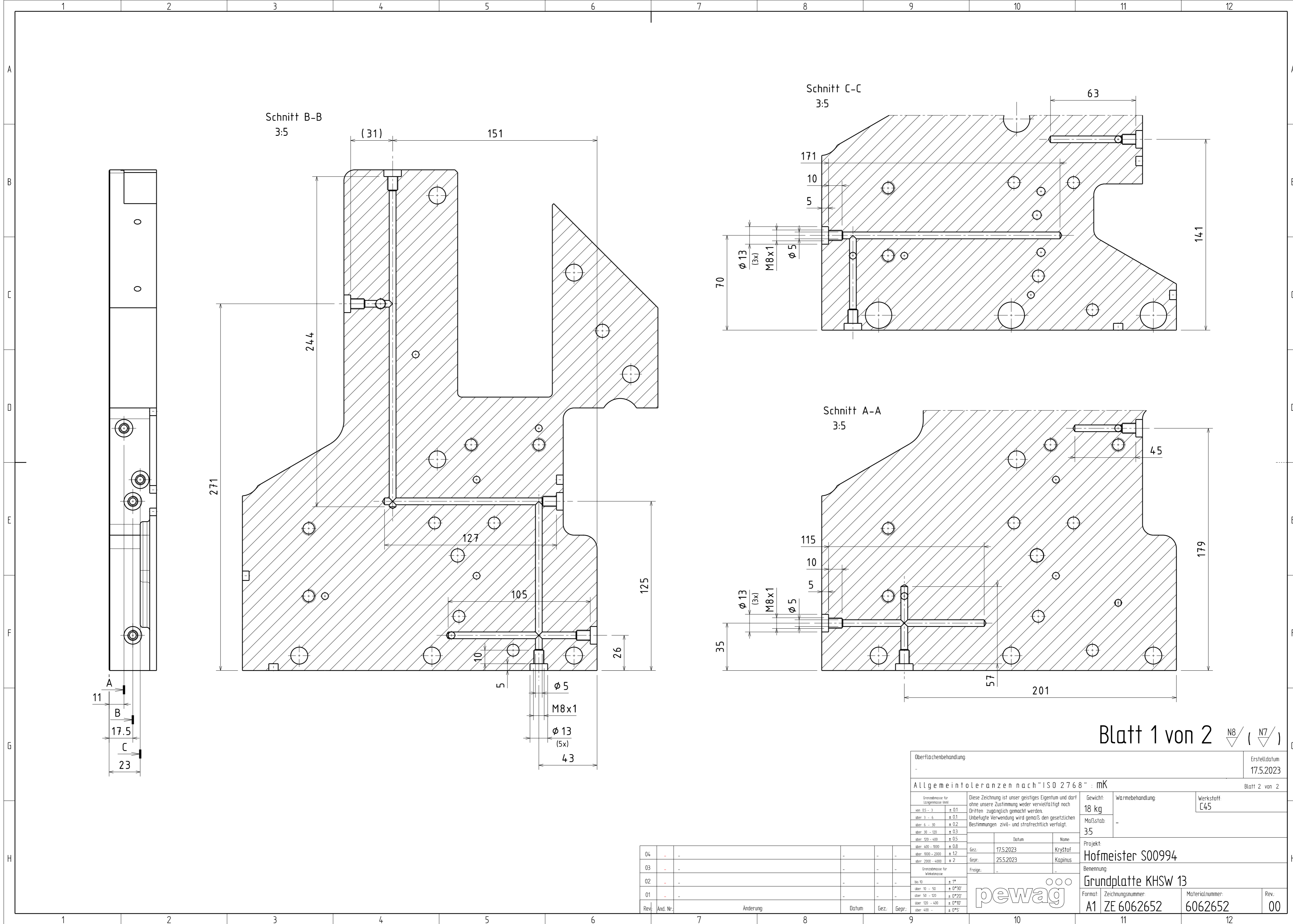
Allgemeintoleranzen nach "ISO 2768" : mK Blatt 1 von 1

Gewicht: 32,82 kg
Maßstab: 2:5
Projekt: Hofmeister S00994
Benennung: Spannbett KHSV 13

Formal: Zeichnungsnummer: A2 ZU 6062650
Materialnummer: 6062650
Rev.: 00



| | | | | | |
|------|----------|----------|-------|------|-------|
| 04 | - | - | - | - | - |
| 03 | - | - | - | - | - |
| 02 | - | - | - | - | - |
| 01 | - | - | - | - | - |
| Rev. | Änd. Nr. | Änderung | Datum | Gez. | Gepr. |

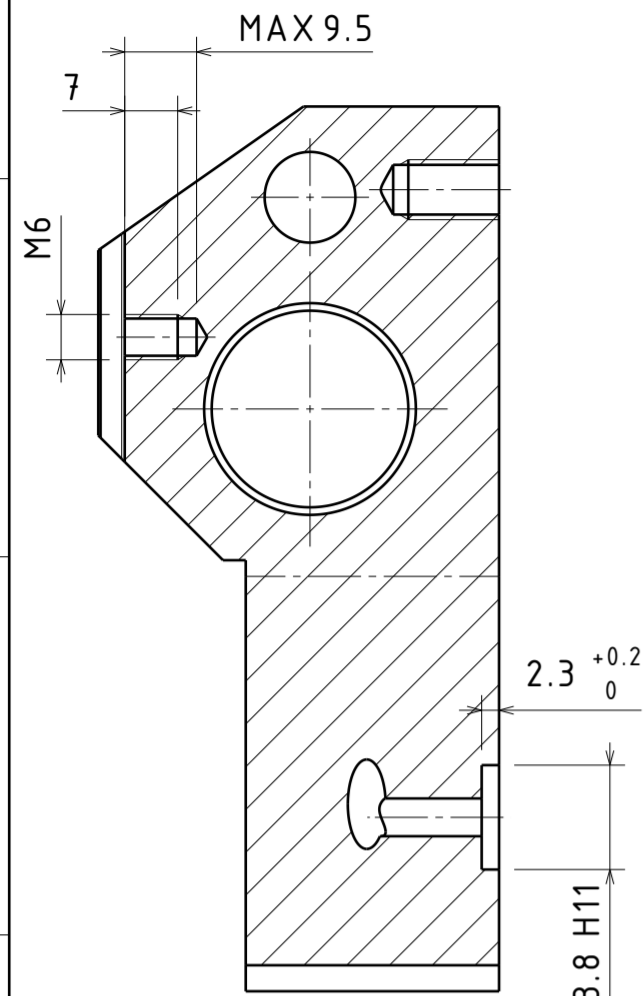


Blatt 1 von 2 ∇_{N8} / (∇_{N7})

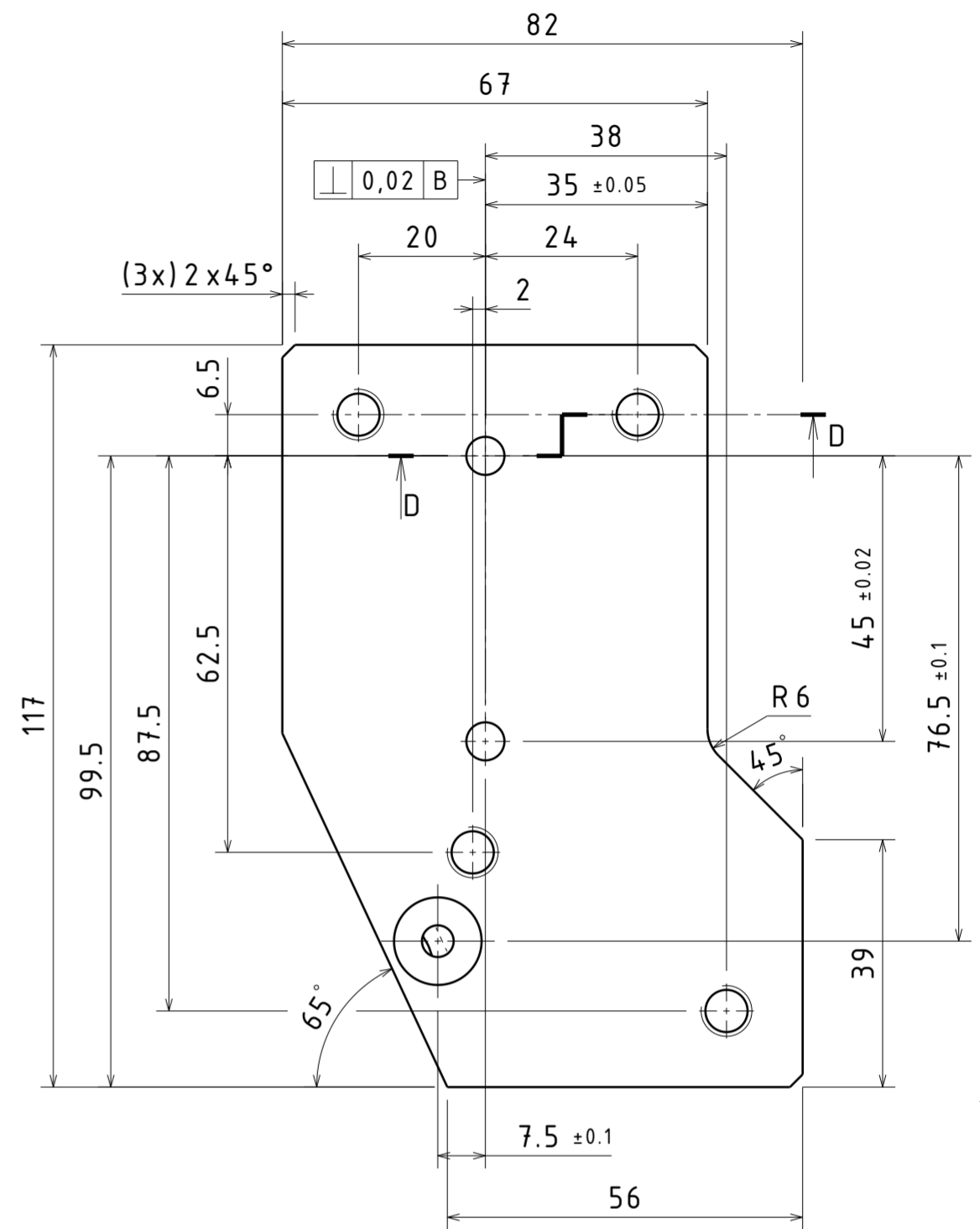
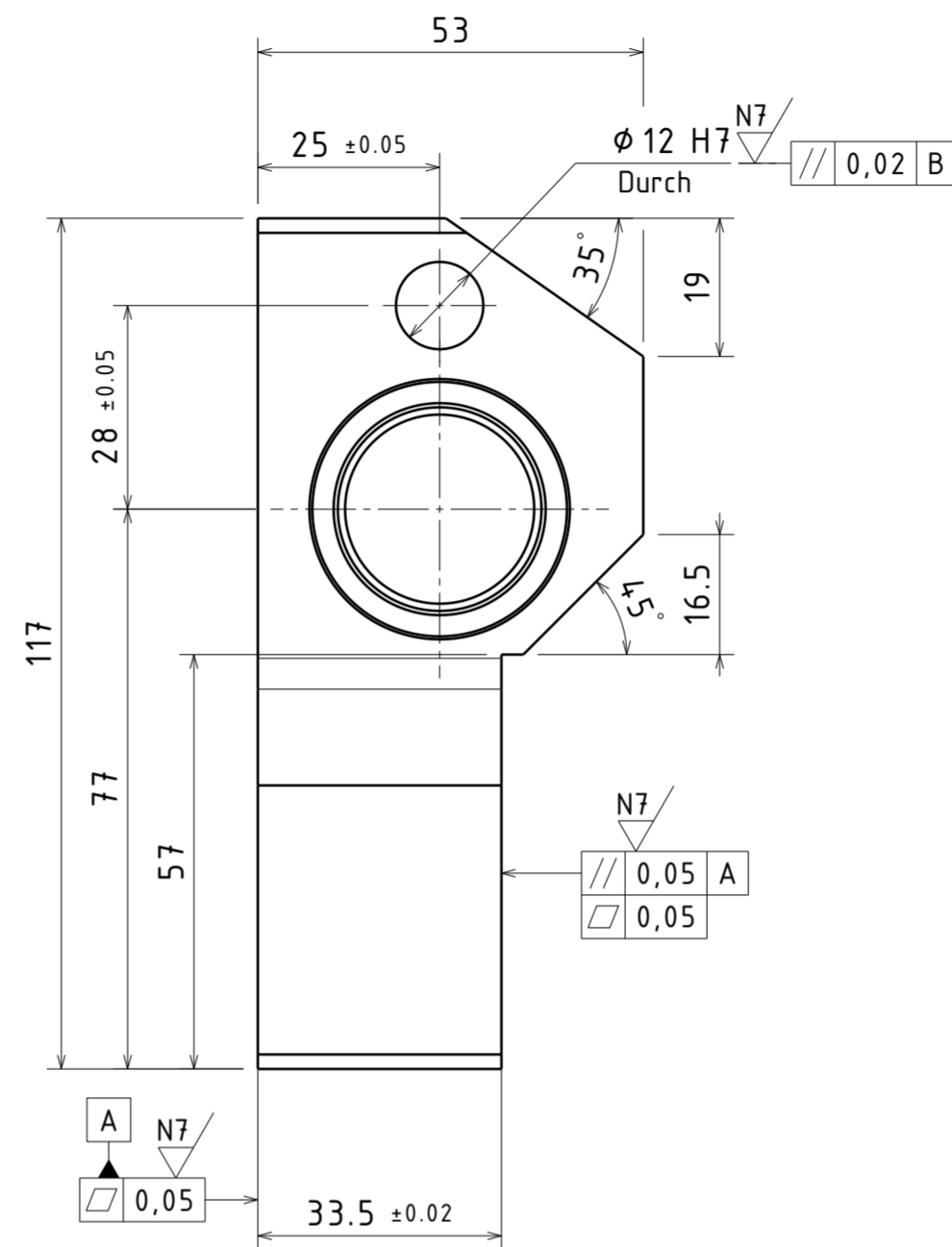
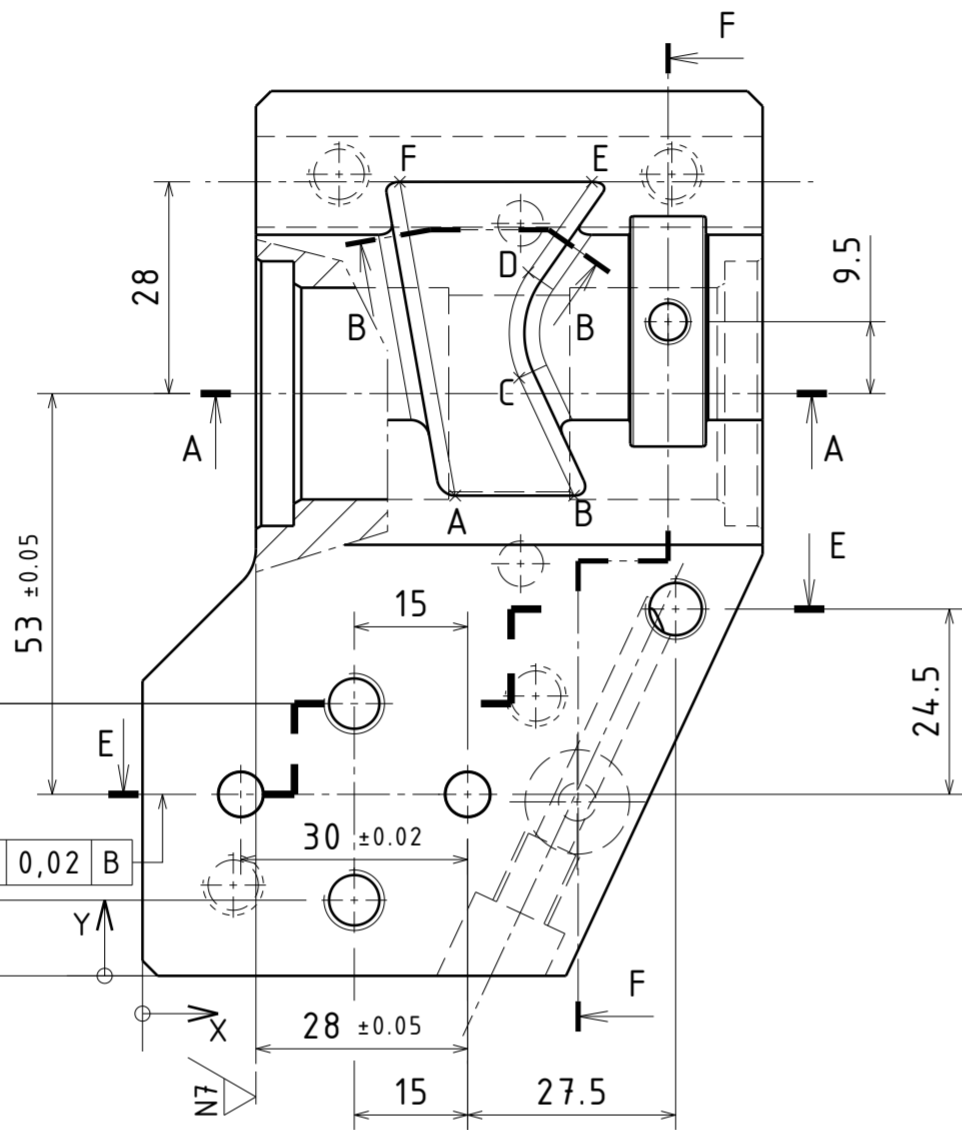
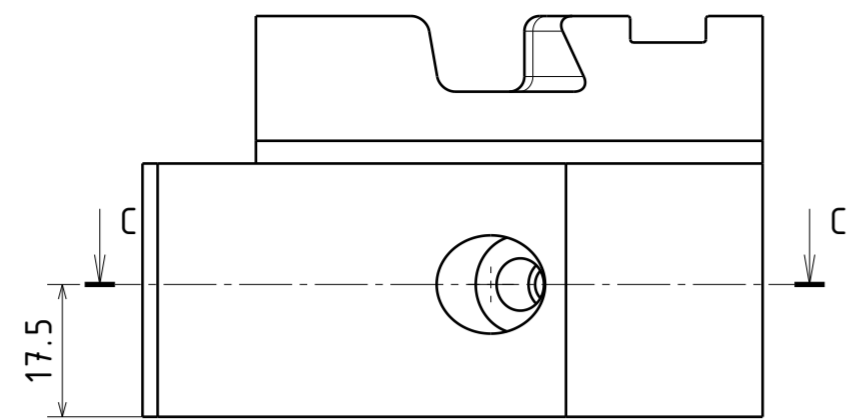
| Oberflächenbehandlung | | Erstelldatum: 17.5.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|--------------------------------|----------------------------|-----------------|---------|------------|---------|-------------|---------|---------------|---------|----------------|---------|-----------------|--------|---|-------|------------------|-------|---|---|----------|-----|------------|-----|--------|-----------|----------|-------------------|-------|-----------------|---|---------------------|---------|----|-------------------|------------|-----------------|---------|-------|----|
| Allgemeintoleranzen nach "ISO 2768" : mK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr> <th>Größenklasse für Längennennmaß</th> <th>Größenklasse für Winkelmaß</th> </tr> <tr> <td>von 0,5 - 3</td> <td>± 0,1</td> </tr> <tr> <td>über 3 - 6</td> <td>± 0,1</td> </tr> <tr> <td>über 6 - 30</td> <td>± 0,2</td> </tr> <tr> <td>über 30 - 120</td> <td>± 0,3</td> </tr> <tr> <td>über 120 - 400</td> <td>± 0,5</td> </tr> <tr> <td>über 400 - 1000</td> <td>± 0,8</td> </tr> <tr> <td>über 1000 - 2000</td> <td>± 1,2</td> </tr> <tr> <td>über 2000 - 4000</td> <td>± 2</td> </tr> </table> | | Größenklasse für Längennennmaß | Größenklasse für Winkelmaß | von 0,5 - 3 | ± 0,1 | über 3 - 6 | ± 0,1 | über 6 - 30 | ± 0,2 | über 30 - 120 | ± 0,3 | über 120 - 400 | ± 0,5 | über 400 - 1000 | ± 0,8 | über 1000 - 2000 | ± 1,2 | über 2000 - 4000 | ± 2 | Diese Zeichnung ist unser geistiges Eigentum und darf ohne unsere Zustimmung weder vervielfältigt noch Dritten zugänglich gemacht werden. Unbefugte Verwendung wird gemäß den gesetzlichen Bestimmungen zivil- und strafrechtlich verfolgt. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Größenklasse für Längennennmaß | Größenklasse für Winkelmaß | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| von 0,5 - 3 | ± 0,1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| über 3 - 6 | ± 0,1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| über 6 - 30 | ± 0,2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| über 30 - 120 | ± 0,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| über 120 - 400 | ± 0,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| über 400 - 1000 | ± 0,8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| über 1000 - 2000 | ± 1,2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| über 2000 - 4000 | ± 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr> <th>Größenklasse für</th> <th>Größenklasse für</th> </tr> <tr> <td>von 0,5 - 3</td> <td>± 1°</td> </tr> <tr> <td>über 3 - 6</td> <td>± 0°30'</td> </tr> <tr> <td>über 6 - 30</td> <td>± 0°20'</td> </tr> <tr> <td>über 30 - 120</td> <td>± 0°15'</td> </tr> <tr> <td>über 120 - 400</td> <td>± 0°10'</td> </tr> <tr> <td>über 400 -</td> <td>± 0°5'</td> </tr> </table> | | Größenklasse für | Größenklasse für | von 0,5 - 3 | ± 1° | über 3 - 6 | ± 0°30' | über 6 - 30 | ± 0°20' | über 30 - 120 | ± 0°15' | über 120 - 400 | ± 0°10' | über 400 - | ± 0°5' | <table border="1"> <tr> <td>Gewicht:</td> <td>18 kg</td> <td>Wärmebehandlung:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Maßstab:</td> <td>3:5</td> <td>Werkstoff:</td> <td>C45</td> </tr> <tr> <td>Datum:</td> <td>17.5.2023</td> <td>Projekt:</td> <td>Hofmeister S00994</td> </tr> <tr> <td>Name:</td> <td>Kryštof Kapinus</td> <td>Benennung:</td> <td>Grundplatte KHSW 13</td> </tr> </table> | | Gewicht: | 18 kg | Wärmebehandlung: | | Maßstab: | 3:5 | Werkstoff: | C45 | Datum: | 17.5.2023 | Projekt: | Hofmeister S00994 | Name: | Kryštof Kapinus | Benennung: | Grundplatte KHSW 13 | | | | | | | | |
| Größenklasse für | Größenklasse für | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| von 0,5 - 3 | ± 1° | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| über 3 - 6 | ± 0°30' | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| über 6 - 30 | ± 0°20' | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| über 30 - 120 | ± 0°15' | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| über 120 - 400 | ± 0°10' | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| über 400 - | ± 0°5' | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gewicht: | 18 kg | Wärmebehandlung: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Maßstab: | 3:5 | Werkstoff: | C45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Datum: | 17.5.2023 | Projekt: | Hofmeister S00994 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Name: | Kryštof Kapinus | Benennung: | Grundplatte KHSW 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr> <th>Rev.</th> <th>Änd. Nr.</th> <th>Änderung</th> <th>Datum</th> <th>Gez.</th> <th>Gepr.</th> </tr> <tr> <td>04</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>03</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>02</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>01</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </table> | | Rev. | Änd. Nr. | Änderung | Datum | Gez. | Gepr. | 04 | - | - | - | - | - | 03 | - | - | - | - | - | 02 | - | - | - | - | - | 01 | - | - | - | - | - | <table border="1"> <tr> <td>Format:</td> <td>A1</td> <td>Zeichnungsnummer:</td> <td>ZE 6062652</td> <td>Materialnummer:</td> <td>6062652</td> <td>Rev.:</td> <td>00</td> </tr> </table> | | Format: | A1 | Zeichnungsnummer: | ZE 6062652 | Materialnummer: | 6062652 | Rev.: | 00 |
| Rev. | Änd. Nr. | Änderung | Datum | Gez. | Gepr. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 04 | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 03 | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 02 | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 01 | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Format: | A1 | Zeichnungsnummer: | ZE 6062652 | Materialnummer: | 6062652 | Rev.: | 00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



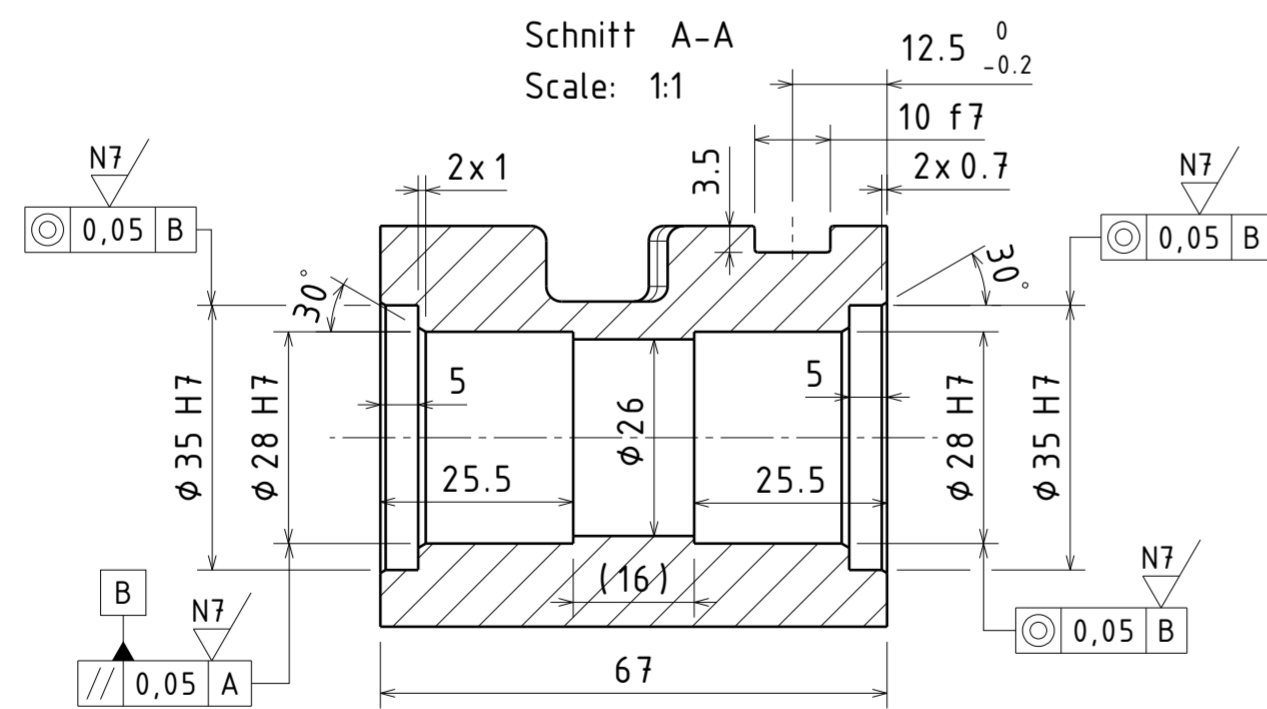
Schnitt F-F
Scale: 1:1



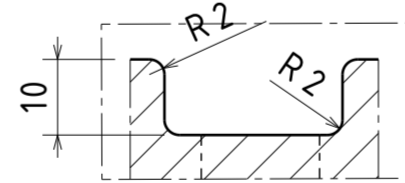
| REF. | X | Y |
|------|-------|-------|
| A | 41,36 | 63,5 |
| B | 57,08 | 63,5 |
| C | 49,81 | 79,08 |
| D | 51,03 | 93,03 |
| E | 59,43 | 105 |
| F | 34,04 | 105 |



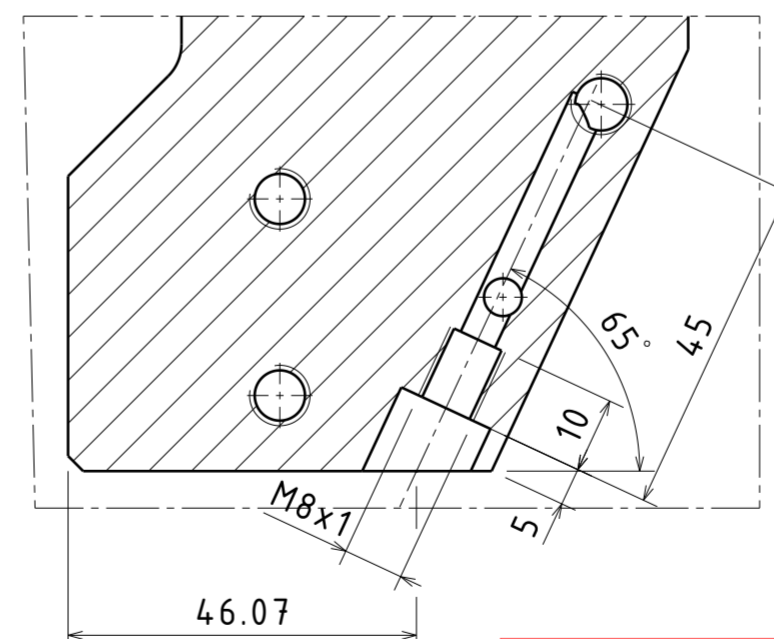
Schnitt A-A
Scale: 1:1



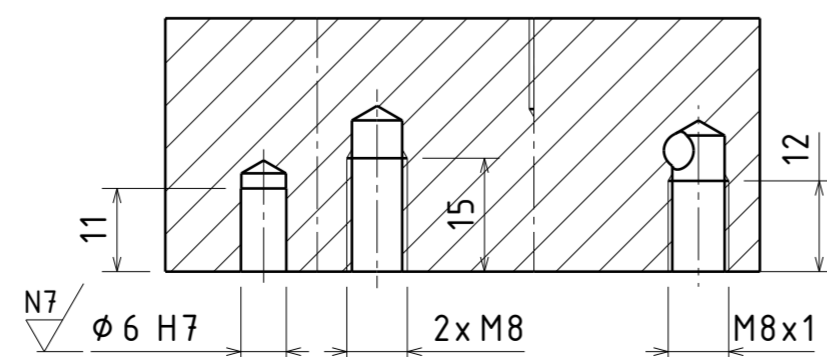
Schnitt B-B
Scale: 1:1



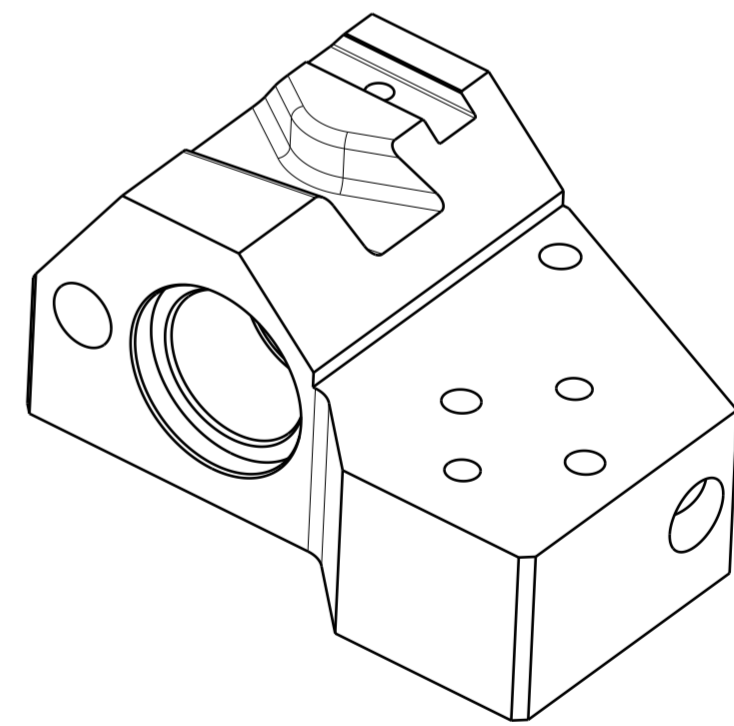
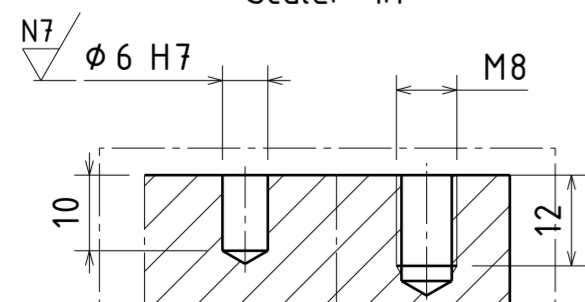
Schnitt C-C
Scale: 1:1



Schnitt E-E
Scale: 1:1



Schnitt D-D
Scale: 1:1



alle nichtbemaßten
Bohrungsteilungen ± 0,1 mm

Kanten 0,5 x 45° brechen

| Oberflächenbehandlung | | Erstelldatum | |
|--|---|--|-------------------|
| - | | - | |
| Allgemeintoleranzen nach "ISO 2768" : mK | | | |
| Blatt 1 von 1 | | | |
| Grenzabmaße für Längemaße (mm) | Diese Zeichnung ist unser geistiges Eigentum und darf ohne unsere Zustimmung weder vervielfältigt noch Dritten zugänglich gemacht werden. Unbefugte Verwendung wird gemäß den gesetzlichen Bestimmungen zivil- und strafrechtlich verfolgt. | Gewicht: 1973 kg | Wärmebehandlung: |
| von 0,5 - 3 | ± 0,1 | Maßstab: 1:1 | Werkstoff: C45 |
| über 3 - 6 | ± 0,1 | Projekt: Hofmeister S0094 | |
| über 6 - 30 | ± 0,2 | Benennung: BGR-1-02 KHSW 13 | |
| über 30 - 120 | ± 0,3 | Formal: Zeichnungsnummer: A2 ZE 6062663 | |
| über 120 - 400 | ± 0,5 | Materialnummer: 6062663 | |
| über 400 - 1000 | ± 0,8 | Rev.: 00 | |
| über 1000 - 2000 | ± 1,2 | | |
| über 2000 - 4000 | ± 2 | | |
| Grenzabmaße für Winkelmaße | | | |
| bis 10 | ± 1° | | |
| über 10 - 50 | ± 0°30' | | |
| über 50 - 120 | ± 0°20' | | |
| über 120 - 400 | ± 0°10' | | |
| über 400 - | ± 0°5' | | |

| Rev. | Änd. Nr. | Änderung | Datum | Gez. | Gepr. |
|------|----------|----------|-------|------|-------|
| 04 | - | - | - | - | - |
| 03 | - | - | - | - | - |
| 02 | - | - | - | - | - |
| 01 | - | - | - | - | - |

