

Optimalizace frézování lopatek axiálního ventilátoru s konstantním příčným profilem

Ing. Jiří Vyšata Ph. D.

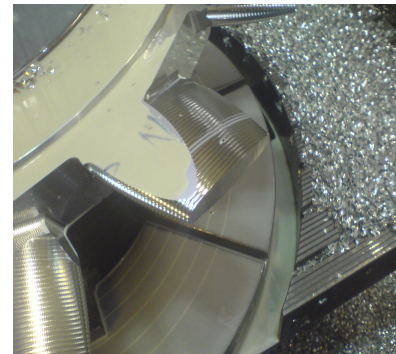
Hlavním cílem příspěvku je seznámit s řešením problémů třískového opracování lopatek axiálního ventilátoru s velmi nepříznivým štíhlostním poměrem (1:t) na CNC frézce Hermle typ U1130. Vedlejším cílem je též seznámit s podprogramem na profilování obrysu s využitím systému Heidenhain a jeho aplikací pro hrubování zmíněných lopatek.



Segmenty

Jedná se o lopatky s konstantním profilem (po stránce geometrie i rozměru) a proto geometrická náročnost není vysoká. Lopatky mají však velmi nepříznivý štíhlostní poměr, jsou z hliníkové slitiny a navíc je kladen požadavek na vysokou kvalitu povrchu (R_a do $1.6\mu\text{m}$) dosaženou přímo frézováním. Stroj Hermle typ U1130 je vhodný pro lehké vysokorychlostní obrábění, přičemž nemá příliš velkou tuhost. V našem případě je ovšem při obrábění slitiny hliníku dostatečná. Konstantní průřez dovoluje obrábět lopatku po vrstvách tak, že osa frézy je rovnoběžná s osou lopatky. Osy lopatek jsou radiály vůči ose ventilátoru a tak lze s výhodou využít pětiosé kinematiky stroje HERMLE s pouhým polohováním otočných os a frézováním ve $2\frac{1}{2}$ D. Délka nástroje musí být dostatečná, nejen aby dosáhla až ke kořenu lopatky, ale také aby vřeteník nenarážel do obrobku. Jako nástroj byla vybrána fréza s výměnnými břitovými destičkami na obrábění lehkých slitin, ale místo standardního držáku jsme si museli vyrobit držák o větším průměru, abychom

získali větší tuhost nástroje. Nejslabším článkem soustavy stroj – nástroj – obrobek zůstal obrobek. Konečný tvar je tak štíhlý, že při finálním obrábění malého přídatku se lopatka rozkmitá i při libovolně nízkých řezných podmínkách. V případě obrábění bez předhrubování má lopatka sklon k rozkmitání a to i při běžných řezných podmínkách v důsledku rozložení hmoty polotovaru (vetknutého nosníku). Před vlastním frézováním lopatek je třeba odfrézovat mezery, aby se nástroj nerozkmitával při frézování doplna a také aby na vnější straně nezůstávaly trojúhelníky neodfrézovaného materiálu, které by se mohly v určitý okamžik uvolnit a ohrozit nástroj nebo obrobek. Tak vzniknou polotovary lopatek jako segmenty rozšiřující se od paty v radiálním směru. Na konci lopatek tak vychází největší přídavek pro obrábění na čisto. Horší ale je, že polotovar tak tvoří nejužší částí patu vetknutého nosníku a naopak největší a tedy nejtěžší část je na jeho konci. Kombinace těchto okolností způsobuje nejen snížení tuhosti, ale je také příčinou posunutí frekvenčního spektra samobuzených kmitů lopatky jakožto nosníku do nevýhodného rozsahu. Důsledkem skutečně bylo rozechvění a tudíž zhoršení kvality povrchu na koncích lopatek. Hrubování s konstantním přídatkem ale zase způsobí přílišnou štíhlost lopatky a problém se tím nevyřeší. Pro řešení bylo tedy přikročeno k hrubování s proměnlivým přídatkem, aby polotovar před konečným frézováním připomínal nosník stálé pevnosti, jehož průřez se směrem od vetknutí zmenšuje a při zachování tuhosti se zmenšuje i přídavek a setrvačná hmota konce lopatky.



Lopatka s proměnlivým přídatkem

Tvar jsme aproximovali rádiusem a pro jeho realizaci využili podprogram pro profilování rádiusu podél obecné křivky, který jsme si již dříve vytvořili i s podprogramem na profilování úkosu. Obrys se zadává stejně jako u všech SL¹ cyklů. Podprogram je realizován jako opakované volání cyklu 25 na vykonání jediné dráhy. Pomocí Q-parametrů podprogram ovšem pro každé opakování počítá novou hloubku a nový přídavek na stranu tak, aby nástroj se zadaným poloměrem

¹ SL cykly jsou interní cykly řídicího systému Heidenhain pro obrábění podél zadané křivky zapsané jako část NC kódu, ke které je přiřazeno návěští s konkrétním číslem křivky jako identifikátorem. Stroj tak může obrábět složité rovinné tvary a kapsy s využitím prostředků jaké má pro základní tvary – kruh a obdélník.

špiček postupně vytvořil požadovaný profil v rovině kolmé na zadaný obrys v každém bodě obrysu. Obě tyto průběžně počítané hodnoty mohou být kladné i záporné. Z takto realizovaných rádiusů a úkosů včetně převislých lze sestavit libovolný tvar profilu (samozřejmě podle možností nástroje). V našem případě ovšem stačilo využít jediného rádiusu. Charakteristiky požadovaného úseku profilu se zadávají pomocí Q-parametrů podobně jako u standardních SL cyklů.

V případě rádiusu se jedná o polohu prvního bodu vůči definovanému obrysu, velikost požadovaného rádiusu, rádius špiček nástroje, úhel tečny v prvním bodě, úhel tečny v koncovém bodě. Oba úhly jsou definovány jako odklon od osy nástroje a jsou v rozsahu od -90° do 90° .

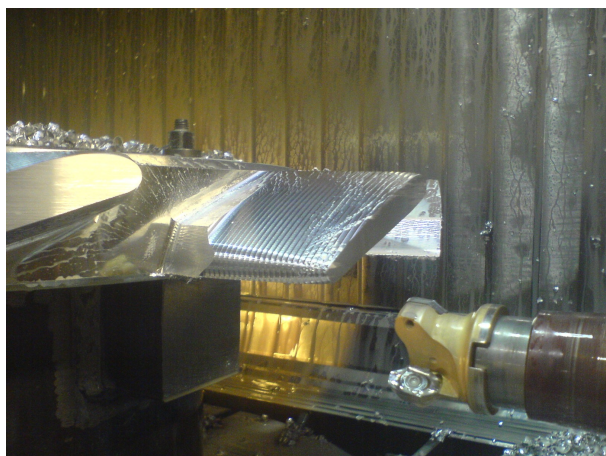
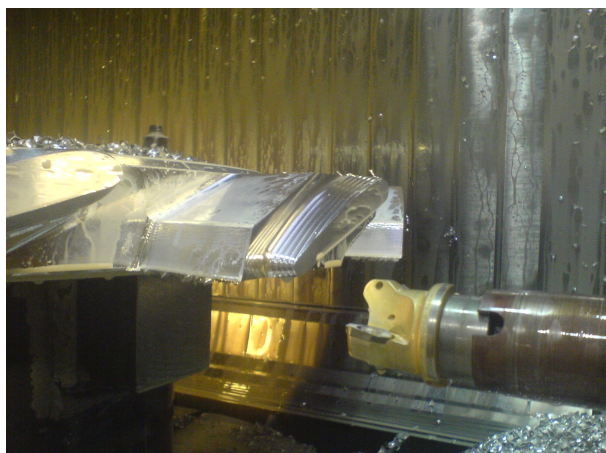
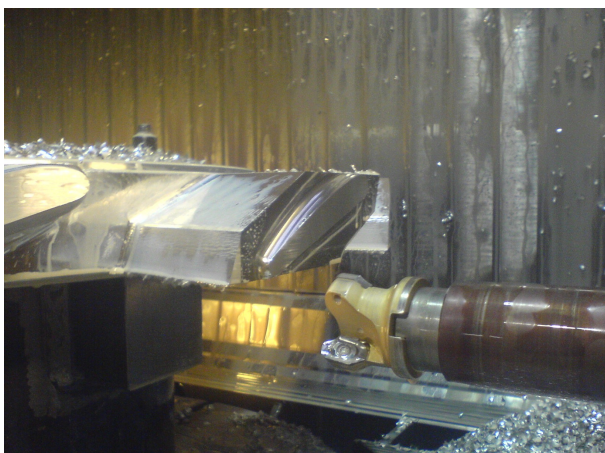
Záporné hodnoty jsou u převisu. Vyvolaný podprogram vyrobí žádaný úsek profilu (v našem případě rádius). Současně hlídá případné podříznutí na dně a v případě nevhodného zadání se zastaví a zobrazí hlášení vysvětlující jaké chyby jsme se v zadání dopustili. Domníváme se, že na podobném principu jako u našich podprogramů by v budoucnu mohly být cykly profilování podél zadaného obrysu obsaženy přímo v systému Heidenhain, čímž se rozšířily možnosti ručního programování, jehož předností stále ještě je snadné korigování rozměrů přímo na stroji při opakované výrobě.

```

CYCL DEF 14.0 OBRYS ; otevreny obrys
CYCL DEF 14.1 LBL OBRYSU 1
Q0 = 0 ; 1 = obrabet; 0 = pocitat
Q2 = 0 ; VZD AXIALNE
Q1 = 0 ; VZD RADIALNE
Q3 = 0 ; VYCH UHEL
Q4 = 90 ; KONC UHEL
Q5 = -83 ; SOURADNICE POVRCHU DILCE
Q6 = 1 ; SKONCIT TECNE
Q8 = -9 ; RADIUS (- VYDUTY)
Q9 = 4 ; RADIUS SPICEK NASTROJE
CALL PGM \RADIUS ; MM

```

Zadání Q-parametrů před voláním podprogramu radius



Postupné hrubování s profilem rádiusu

Programem pro profilování rádiusu jsme vytvořili podélný profil lopatky tak, aby přídavek na konci byl malý a tedy i malá setrvačná hmota působící nepříznivě na stabilitu řezného procesu. Směrem k patě lopatky se přídavek plynule zvětšuje a tak se zvětšuje i průřez lopatky jakožto nosníku a to přispívá k lepší celkové tuhosti. Tuto vlastnost jsme mohli ověřit i zvukovou zkouškou poklepem. Zvuk lopatky bez předhrubování, ale i zvuk lopatky s konstatním přídavkem je hlubší, silnější a déle trvající než zvuk lopatky s přídavkem napodobujícím nosník stálé pevnosti. Při obrábění načisto se sice postupem ke kořeni lopatky přídavek dosti zvětšuje a s tím se zvětšuje i řezný odpor, síly tu ale působí na krátkém rameni, takže nedojde k rozkmitání lopatky. Hrubováním s proměnlivým přídavkem jsme dosáhli požadované kvality povrchu (R_a do $1.6\mu\text{m}$) bez vlnitosti při dobré produktivitě obrábění a mohlo být vypuštěno dodatečné zámečnické leštění lopatek.



Lopátka s proměnlivým přídavkem zní slaběji

```

0 BEGIN PGM RADIUS MM
1 ; Program pro profilovani radiusu SL cyklem.
2 ; V hlavnim programu musi byt vybran obrys
3 ; CYCL DEF 14.0 OBRYŠ ; otevreny obrys
4 ; CYCL DEF 14.1 LBL OBRYŠU 1
5 ; a zadany parametry profilu.
6 ; Profil je definovan jako meridian. Jedna osa je rovnobezna s
osou frezy a~
                pocatek je na udanem povrchu
                Q5. Druha~
osa je v radialnim smeru a
pocatek ma~
na care obrysu.
7 ;
8 ; Q0 = ;Rizeni pruchodu
9 ;      0 = neobrabet jen pocitat
10 ;     1 = obrabet
11 ; Q1 = ;Vzdalenost vychozih bodu od obrysu
12 ; Q2 = ;Vyska vychozih bodu od referencni roviny (+-)
13 ; Q3 = ;Odklon od tecny VB od osy Z (ve stupnich u previsu
zaporny)
14 ; Q4 = ;Odklon tecny v koncovem bode
15 ; Q5 = ;Souradnice povrchu respektive referencni roviny
16 ; Q6 = ;Volba posledni drahy 0, 1, 2
17 ;     0 = Skoncit po dosazeni hloubky koncoveho bodu.
18 ;     1 = Dojet az tecne ke koncovemu bodu.
19 ;     2 = Koncova draha pojede az v dalsim tecnem useku,
protoze je ~
                stejna s jeho prvni drahou.
20 ; Q7 = ;Bezpecna vyska
21 ; Q8 = ;Hodnota radiusu (- pro vydutý)
22 ; Q9 = ;Radiusu spicek nastroje pokud je nulovy nebo
zaporny, precte se~
R2 z tabulky korekci
23 ; Q10 = ;Prisuv vztazeny k stredy radiusu platku;
24 ; Q11 = ;Posuv na hloubku
25 ; Q12 = ;Posuv pro frezovani
26 ;     Posuvy AUTO mozno zadat v hlavnim programu pomoci SL
CYCLE 25
27 ; Q15 = ;Zpusob frezovani (+1 = podle obrysu, 0 = pendl, -1 =
proti ~
                obrysu)
28 ;
29 ; Je treba upozornit obsuhu na nutnost zadani R2 v tabulce
korekci.
30 ;
31 ; Po skoncení prace program zada posledni bod dotyku do
parametru VB
32 ;
33 Q89 = 1 ; NEPENDLOVAT
34 Q88 = Q15 ; SCHOVAT PENDL
35 FN 10: IF +Q15 NE +0 GOTO LBL 10
36 Q89 = - 1 ; PENDLOVAT
37 Q15 = 1 ; PRVNI DRAHA PODLE OBRYŠU
38 LBL 10
39 FN 9: IF +Q10 EQU +0 GOTO LBL 34 ; prisuv nesmi byt nulovy
40 FN 11: IF +Q3 GT +90 GOTO LBL 33 ; odklon tecny mimo rozsah
41 FN 11: IF -Q3 GT +90 GOTO LBL 33 ; odklon tecny mimo rozsah
42 FN 11: IF +Q4 GT +90 GOTO LBL 33 ; odklon tecny mimo rozsah
43 FN 11: IF -Q4 GT +90 GOTO LBL 33 ; odklon tecny mimo rozsah
44 FN 11: IF +0 GT +Q8 GOTO LBL 5 ; PRO VYDUTY RADIUS
45 FN 11: IF +Q4 GT +Q3 GOTO LBL 35 ; PREVRACENE UHLY
46 FN 9: IF +0 EQU +0 GOTO LBL 6 ; PRESKOCIT
47 LBL 5
48 FN 11: IF +Q3 GT +Q4 GOTO LBL 36 ; PREVRACENE UHLY
49 LBL 6 ;
50 Q99 = Q9
51 FN 11: IF +Q99 GT +0 GOTO LBL 20 ; RADIUS ZADANY V PROGRAMU
52 FN 18: SYSREAD Q99 = ID20 NR1 ; AKTIVNI NASTROJ
53 FN 18: SYSREAD Q99 = ID50 NR3 IDXQ99 ; RAD JEHO SPICEK
54 LBL 20
55 FN 11: IF +Q8 GT +0 GOTO LBL 3 ; nastroj se vejde
56 FN 11: IF +Q99 GT -Q8 GOTO LBL 31 ; nastroj se nevejde
57 LBL 3 ; radius je vypukly a tudiz se k nemu nastroj vejde
58 Q98 = Q1 - Q8 * COS Q3 ; SX
59 Q97 = Q2 - Q8 * SIN Q3 ; SZ
60 Q96 = Q4 ; konc uh
61 FN 11: IF +Q6 GT +0 GOTO LBL 1 ; nastroj nekonci na dne
62 Q95 = Q97 + Q8 * SIN Q96 ; Z koncoveho bodu
63 Q94 = Q8 + Q99
64 FN 10: IF +Q94 NE +0 GOTO LBL 4 ; radius spicek nerovna se
radius dutiny
65 FN 11: IF +90 GT +Q96 GOTO LBL 32 ; nastroj se nevejde
66 FN 9: IF +0 EQU +0 GOTO LBL 1 ; nastroj smi az ke dnu
67 LBL 4 ; radius spicek nerovna se radius dutiny
68 Q96 = ASIN ( ( Q96 + Q99 ) / Q94 ) ; konc uh
69 FN 11: IF +Q96 GT +Q3 GOTO LBL 32 ; nastroj se nevejde
70 LBL 1 ; nastroj nekonci na dne
71 Q95 = Q3 - Q96 ; uh radiusu
72 Q94 = Q95 * PI / 180 ; totez v radianech
73 Q93 = Q8 + ( Q99 * 7 / 8 ) ; radius drsnosti
74 Q93 = Q93 * Q94 ; delka oblouku
75 Q94 = 1 + ABS ( Q93 / Q10 ) ; pocet drah
76 Q94 = INT Q94
77 Q93 = Q95 / Q94 ; uhel prisuvu (kladny)
78 ; ----- T R E Z O R -----
79 Q90 = Q10 ; schovany prirustek
80 ; ----- A J E D E M -----
81 Q92 = Q8 + Q99 ; radius po kterem jede stred spicek
82 Q91 = Q3 ; VYCHOZI UHEL
83 ;
84 CYCL DEF 25 LINIE OBRYŠU ~
Q1=+0 ;HLOUBKA FREZOVANI ~
Q3=+0 ;PRIDAVEK PRO STRANU ~
Q5=+Q5 ;SOURADNICE POVRCHU ~

```

```

Q7=+Q7 ;BEZPECNA VYSKA ~
Q10=+99999 ;HLOUBKA PRISUVU ~
Q11=+Q11 ;POSUV NA HLOUBKU ~
Q12=+Q12 ;POSUV PRO FREZOVANI ~
Q15=+Q15 ;ZPUSOB FREZOVANI
85 ;
86 ; ----- C Y K L U S -----
87 LBL 2 ; radius
88 Q3 = Q98 - Q99 + Q92 * COS Q91
89 Q1 = Q97 - Q99 + Q92 * SIN Q91
90 FN 9: IF +Q0 EQU +0 GOTO LBL 29
91 CYCL CALL
92 LBL 29
93 Q15 = Q15 * Q89 ; PENDL
94 Q91 = Q91 - Q93
95 LBL 0
96 ;
97 FN 9: IF +Q99 EQU -Q8 GOTO LBL 30 ; KONEC
98 FN 11: IF +0 GT +Q8 GOTO LBL 7 ; dutina
99 ;
100 LBL 9
101 FN 11: IF +Q96 GT +Q91 GOTO LBL 8 ; dalsi spona uz ne
102 FN 9: IF +Q96 EQU +Q91 GOTO LBL 8 ; posledni spona taky ne
103 CALL LBL 2
104 FN 9: IF +0 EQU +0 GOTO LBL 9 ; konec cyklu
105 ;
106 LBL 7
107 FN 11: IF +Q91 GT +Q96 GOTO LBL 8 ; dalsi spona uz ne
108 FN 9: IF +Q96 EQU +Q91 GOTO LBL 8 ; posledni spona taky ne
109 CALL LBL 2
110 FN 9: IF +0 EQU +0 GOTO LBL 7 ; dutina - konec cyklu
111 ;
112 LBL 8 ; zaverena spona
113 FN 9: IF +Q96 EQU +Q91 GOTO LBL 30 ; konec
114 FN 9: IF +Q6 EQU +2 GOTO LBL 30 ; tecnou sponu dela dalsi usek
115 Q91 = Q96 ; POSLEDNI UHEL
116 CALL LBL 2
117 FN 9: IF +0 EQU +0 GOTO LBL 30 ; konec
118 ;
119 ; ----- H L A S E N I -----
120 LBL 31
121 STOP M0
122 ; Radius spicek frezy je vetsi nez obrabeny vydutý radius
123 STOP M30
124 LBL 32
125 STOP M0
126 ; Radius spicek frezy je tak velky, ze ani prvniho bodu
oblouku neni mozno ~
                se tecne dotknout aniz by bylo
                podriznuto na~
                dne.
127 STOP M30
128 LBL 33
129 STOP M0
130 ; Odklon tecny smi byt jen v rozsahu -90 az +90 stupnu
131 STOP M30
132 LBL 34
133 STOP M0
134 ; Prisuv nesmi byt nulovy
135 STOP M30
136 LBL 35
137 STOP M0
138 ; Vypukly radius musi mit pocatecni uhel vetsi nez koncovy
139 STOP M30
140 LBL 36
141 STOP M0
142 ; Vydutý radius musi mit pocatecni uhel mensi nez koncovy
143 STOP M30
144 ;
145 ; ----- K O N E C -----
146 LBL 30 ; konec
147 Z+Q7 FMAX
148 ; zadat posledni bod dotyku a uvest do poradku korekce
149 Q10 = Q90
150 Q1 = Q98 + Q8 * COS Q96
151 Q2 = Q97 + Q8 * SIN Q96
152 Q3 = Q96 ; DOSAZENY UHEL
153 Q15 = Q88 ; OBNOVIT PENDL
154 M1
155 END PGM RADIUS MM

```

```

0 BEGIN PGM UKOS MM
1 ; Program pro profilovani ukosu SL cyklem.
2 ; V hlavnim programu musi byt vybrán obrys
3 ; CYCL DEF 14.0 OBRYŠ ; otevreny obrys
4 ; CYCL DEF 14.1 LBL OBRYŠU 1
5 ; a zadany parametry profilu.
6 ; Profil je definovan jako meridian. Jedna osa je rovnobezna s
osou frezy a~
                pocatek je na udanem
                povrchu Q5.~
Druha  osa  je  v      radialnim      smeru a
~
pocatek ma      na care      obrysu.
7 ;
8 ; Q0 =      ;Rizeni pruchodu
9 ;      θ = neobrabet jen pocitat
10 ;      1 = obrabet
11 ; Q1 =      ;Vzdalenost vychozihó bodu od obrysu
12 ; Q2 =      ;Vyska vychozihó bodu od referencni roviny (+-)
13 ; Q3 =      ;Odklon od tecny VB od osy Z (ve stupnich u previsu
zaporny)
14 ; Q4 =      ;Hloubka ukosu
15 ; Q5 =      ;Souradnice povrchu respektive referencni roviny
16 ; Q6 =      ;Volba posledni drahy 0, 1, 2
17 ;      θ = Skoncit po dosazeni hloubky koncového bodu.
18 ;      1 = Dojet az tecne ke koncovému bodu.
19 ;      2 = Koncova draha pojede az v dalsim tecnem useku,
protoze je ~
                stejna s jeho prvni drahou.
20 ; Q7 =      ;Bezpecna vyska
21 ; Q9 =      ;Radiusu spicek nastroje pokud je nulovy nebo
zaporny, precte se ~
                R2 z tabulky korekci
22 ; Q10 =     ;Prisuv vztazeny k stredú radiusu platku;
23 ; Q11 =     ;Posuv na hloubku
24 ; Q12 =     ;Posuv pro frezovani
25 ;          Posuvy AUTO mozno zadat v hlavnim programu pomoci SL
CYCLE 25
26 ; Q15 =     ;Zpusob frezovani (+1 = podle obrysu, 0 = pendl, -1 =
proti ~
                obrysu)
27 ;
28 ; Je treba upozornit obsuhu na nutnost zadani R2 v tabulce
korekci.
29 ;
30 ; Po skoncení prace program zada posledni bod dotyku do
parametru VB
31 ;
32 Q89 = 1 ; NEPENDLOVAT
33 Q88 = Q15 ; SCHOVAT PENDL
34 FN 10: IF +Q15 NE +0 GOTO LBL 10
35 Q89 = - 1 ; PENDLOVAT
36 Q15 = 1 ; PRVNI DRAHA PODLE OBRYŠU
37 LBL 10
38 FN 9: IF +Q10 EQU +0 GOTO LBL 34 ; prisuv nesmi byt nulovy
39 FN 11: IF +Q3 GT +90 GOTO LBL 33 ; odklon tecny mimo rozsah
40 FN 11: IF -Q3 GT +90 GOTO LBL 33 ; odklon tecny mimo rozsah
41 ; FN 11: IF +Q4 GT +90 GOTO LBL 33 ; odklon tecny mimo rozsah
42 ; FN 11: IF -Q4 GT +90 GOTO LBL 33 ; odklon tecny mimo rozsah
43 ; FN 11: IF +0 GT +08 GOTO LBL 5 ; PRO VYDUTY RADIUS
44 ; FN 11: IF +Q4 GT +Q3 GOTO LBL 35 ; PREVRACENE UHLY
45 ; FN 9: IF +0 EQU +0 GOTO LBL 6 ; PRESKOCIT
46 ; LBL 5
47 ; FN 11: IF +Q3 GT +Q4 GOTO LBL 36 ; PREVRACENE UHLY
48 ; LBL 6 ;
49 Q99 = Q9 ; RADIUS SPICEK
50 FN 11: IF +Q99 GT +0 GOTO LBL 20 ; RADIUS ZADANY V PROGRAMU
51 FN 18: SYSREAD Q99 = ID20 NR1 ; AKTIVNI NASTROJ
52 FN 18: SYSREAD Q99 = ID50 NR3 IDXQ99 ; RAD JEHO SPICEK
53 LBL 20
54 ; FN 11: IF +Q8 GT +0 GOTO LBL 3 ; nastroj se vejde
55 ; FN 11: IF +Q99 GT -Q8 GOTO LBL 31 ; nastroj se nevejde
56 ; LBL 3 ; radius je vypukly a tudiz se k nemu nastroj vejde
57 Q98 = Q1 ; X
58 Q97 = Q2 ; Z
59 Q96 = 0 ; hl konce pro nastroj tecne
60 FN 11: IF +Q6 GT +0 GOTO LBL 1 ; nastroj nekonci na dne
61 ; Q95 = Q2 + Q4 ; Z koncového bodu ZBYTECNY BLOK
62 ; Q94 = Q8 + Q99
63 ; FN 10: IF +Q94 NE +0 GOTO LBL 4 ; radius spicek nerovna se
radius dutiny
64 ; FN 11: IF +90 GT +Q96 GOTO LBL 32 ; nastroj se nevejde
65 ; FN 9: IF +0 EQU +0 GOTO LBL 1 ; nastroj smi az ke dnu
66 ; LBL 4 ; radius spicek nerovna se radius dutiny
67 Q96 = Q99 * ( 1 - SIN Q3 ) ; HLOUBKA pod dotykem
68 FN 11: IF +Q96 GT +Q4 GOTO LBL 32 ; nastroj se nevejde
69 LBL 1 ; SKOK KDYZ "nastroj nekonci na dne"
70 Q96 = Q4 - Q96 ; redukovana hloubka
71 Q95 = Q96 / COS Q3 ; DELKA SVAHU
72 ; Q94 = Q95 * PI / 180 ; totez v radianech
73 ; Q93 = Q8 + ( Q99 * 7 / 8 ) ; radius drsnosti
74 ; Q93 = Q93 * Q94 ; delka oblouku
75 Q94 = 1 + ABS ( Q95 / Q10 ) ; pocet dráh
76 Q94 = INT Q94
77 Q93 = Q95 / Q94 ; DELKA prisuvu (V PROSTORU)
78 ; ----- T R E Z O R -----
79 Q90 = Q10 ; schovany prirustek
80 ; ----- A J E D E M -----
81 ; Q92 = Q8 + Q99 ; radius po kterem jede stred spicek
82 Q92 = Q3 ; schovat uhel
83 Q91 = 0 ; VYCHOZI HLOUBKA
84 ;
85 CYCL DEF 25 LINIE OBRYŠU ~
Q1=+0 ;HLOUBKA FREZOVANI ~
Q3=+0 ;PRIDAVEK PRO STRANU ~

```

```

Q5=+Q5 ;SOURADNICE POVRCHU ~
Q7=+Q7 ;BEZPECNA VYSKA ~
Q10=+99999 ;HLOUBKA PRISUVU ~
Q11=+Q11 ;POSUV NA HLOUBKU ~
Q12=+Q12 ;POSUV PRO FREZOVANI ~
Q15=+Q15 ;ZPUSOB FREZOVANI
86 ;
87 ; ----- C Y K L U S -----
88 LBL 2 ; ukos
89 Q3 = Q98 - ( Q91 * SIN Q92 ) - Q99 + ( Q99 * COS Q92 )
90 Q1 = Q97 + ( Q91 * COS Q92 ) - Q99 + ( Q99 * SIN Q92 )
91 FN 9: IF +Q0 EQU +0 GOTO LBL 29
92 CYCL CALL
93 LBL 29
94 Q15 = Q15 * Q89 ; PENDL
95 Q91 = Q91 + Q93 ; NOVA HLOUBKA
96 LBL 0
97 ;
98 ; FN 9: IF +Q99 EQU -Q8 GOTO LBL 30 ; KONEC
99 ; FN 11: IF +0 GT +Q8 GOTO LBL 7 ; dutina
100 ;
101 LBL 9
102 FN 11: IF +Q95 GT +Q91 GOTO LBL 8 ; dalsi spona uz ne
103 FN 9: IF +Q95 EQU +Q91 GOTO LBL 8 ; posledni spona taky ne
104 CALL LBL 2
105 FN 9: IF +0 EQU +0 GOTO LBL 9 ; konec cyklu
106 ;
107 ; LBL 7
108 ; FN 11: IF +Q91 GT +Q96 GOTO LBL 8 ; dalsi spona uz ne
109 ; FN 9: IF +Q96 EQU +Q91 GOTO LBL 8 ; posledni spona taky ne
110 ; CALL LBL 2
111 ; FN 9: IF +0 EQU +0 GOTO LBL 7 ; dutina - konec cyklu
112 ;
113 LBL 8 ; zaverecna spona
114 FN 9: IF +Q6 EQU +2 GOTO LBL 30 ; tecnou sponu dela dalsi usek
115 Q91 = Q95 ; POSLEDNI UHEL
116 CALL LBL 2
117 FN 9: IF +0 EQU +0 GOTO LBL 30 ; konec
118 ;
119 ; ----- H L A S E N I -----
120 LBL 31
121 STOP M0
122 ; Radius spicek frezy je vetsi nez obrabeny vyduty radius
123 STOP M30
124 LBL 32
125 STOP M0
126 ; Radius spicek frezy je tak velky, ze ani prvniho bodu ukosu
neni mozno ~
                se tecne dotknout aniz by bylo
                podriznuto na ~
                dne.
127 STOP M30
128 LBL 33
129 STOP M0
130 ; Odklon tecny smi byt jen v rozsahu -90 az +90 stupnu
131 STOP M30
132 LBL 34
133 STOP M0
134 ; Prisuv nesmi byt nulovy
135 STOP M30
136 LBL 35
137 STOP M0
138 ; Vypukly radius musi mit pocatecni uhel vetsi nez koncovy
139 STOP M30
140 LBL 36
141 STOP M0
142 ; Vyduty radius musi mit pocatecni uhel mensi nez koncovy
143 STOP M30
144 ;
145 ; ----- K O N E C -----
146 LBL 30 ; konec
147 Z+Q7 FMAX
148 ; zadat posledni bod dotyku a uvést do porádku korekce
149 Q10 = Q90
150 Q1 = Q98 - Q96 * TAN Q92
151 Q2 = Q97 + Q96
152 Q3 = Q92 ; obnovit uhel
153 Q15 = Q88 ; OBNOVIT PENDL
154 M1
155 END PGM UKOS MM

```