



TVÁŘENÍ TECHNOLOGICKÉ VÝPOČTY

Manuál



VUT FSI ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

Odbor technologie tváření kovů a plastů

Tváření - Technologické výpočty

Version 3.0 TCP/IP

Microsoft Windows 2000 (98) Version: 4.10 Build: 67766446 A

Memory 130 440 KB

CPU GenuineIntel x86 Family 6 Model 8 Stepping 3

Hardware a software pro vývoj zapůjčila firma Dingo spol. s r.o.

www.programky.cz

Odborné konzultace v oblasti programování:

Lukáš Gallina

Metodika výpočtů procesů teorie tváření :

Prof.Ing.Milan Forejt, CSc

Autor programu: Jiří Bartoněk

ÚVODEM

V rámci počítačové podpory teorie tváření a projektování tvářecích technologií na Ústavu strojírenské technologie, odboru tváření kovů a plastů na FSI VUT v Brně byl v součinnosti s informatiky a s hardware-software specialisty firmy DINGO s.r.o. a Query vytvořen program TVÁŘENÍ, který podporuje technologické výpočty dopředného a zpětného protlačování. Objektově orientovaný program je vytvořen v prostředí podporovaném Microsoft Windows 98 a 2000 Profesional s interaktivní databází materiálových modelů WinMySQL Ladmin 1.3.

Základní menu programu TVÁŘENÍ.

V menu MATERIÁLY je nabídka Výpis nebo Editace pro vkládání dalších modelů materiálů.

V menu Protlačování lze volit protlačování dopředné, nebo protlačování zpětné. Postup vychází ze zadání geometrických parametrů modelu dopředného nebo zpětného protlačování.

Dále je proveden výběr materiálu z databáze pro rychlost deformace a teplotu, včetně volby matematické funkce.

Konečně je potřeba volit součinitele tření v kontaktních plochách průtlačku a nástroje.

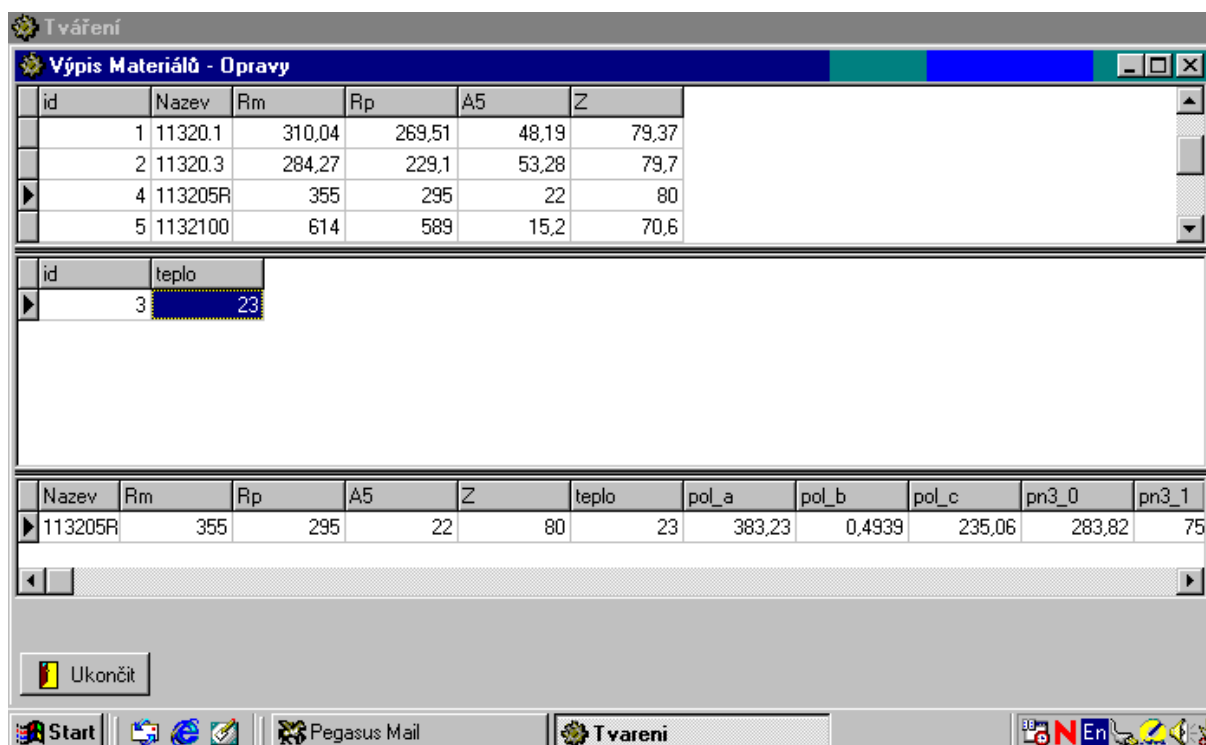
Stručný návod – *manual*, uvádí metodu a postup výpočtů v objemovém tváření kovů a slitin dopředným a zpětným protlačováním. Na příkladech dokládá i výstupy výpočtů s vlivem rychlosti deformace.

C:\TVARENI\tvareni.exe



- Menu:
- Materiály** Výpis databáze materiálů pro jednotlivé teploty
 - Protlačování** Volba **Protlačování Dopředné**
Protlačování Zpětné
 - About** QUERY- Deklarace původu a tvůrců programu
 - Konec** Ukončení programu

MATERIÁLY Zobrazí se okno **Výpis Materiálů - Opravy** pro jednotlivé teploty se na dolní liště zobrazí veškerá data uložená v databázi pro vybranou teplotu.



Protlačování

Volba **Protlačování Dopředné**
Protlačování Zpětné

Protlačování Dopředné

Zadání rozměrů polotovaru:
D0 mm
h0 mm

Zadání rozměrů průtlaku:
D1 mm
D2 mm
D3 mm
L1 mm
L3 mm

Rce přetvárného odporu
 Polytropa
 Polynom 3 st.
 Polynom 5 st.
 Racionálně lomená fce

Typ výpočtu
 s redukčním kuželem
 bez redukčního kužele

α
 f_1
 f_2
 f_3

Kontrola platnosti řešení
h0/D0
s0/s3
 $\epsilon_{s(max)}$
 φ_3

Aktuální materiál:
teplota:

Výpočet

Uložit jako
 *.TXT
 *.DOC

Vyber Materiál Uložit TiskP Ukončit Otevřít

⇒ **Otevření** bočního okna
⇐ **Zavření** bočního okna

Výběr Materiálu

Označení materiálu a teploty. Po potvrzení se zobrazí všechny údaje o materiálu.

Výběru

Výběr Materiálu

113205R

Materiál 113205R
Rm 355 MPa
Rp 295 MPa
A5 22 %
Z 80 %
Teplota 23
 $\varphi_{(max)}$ 1,75

Výpočetové konstanty:
Polytropa 383,23 0,4939 235,06
Polynom 3 st. 283,82 751,35 -734,94 277,15
Polynom 5 st. 261,04 1266,96 -2943,11 3709,53 -2209,83 501,72
Racionálně lomená fce
Polynom F 50,06 432,3 -1183,34 2041,96 -1424,93 379,66
Polynom D 4 7,02 -5,66 14,02 -8,2 1,78

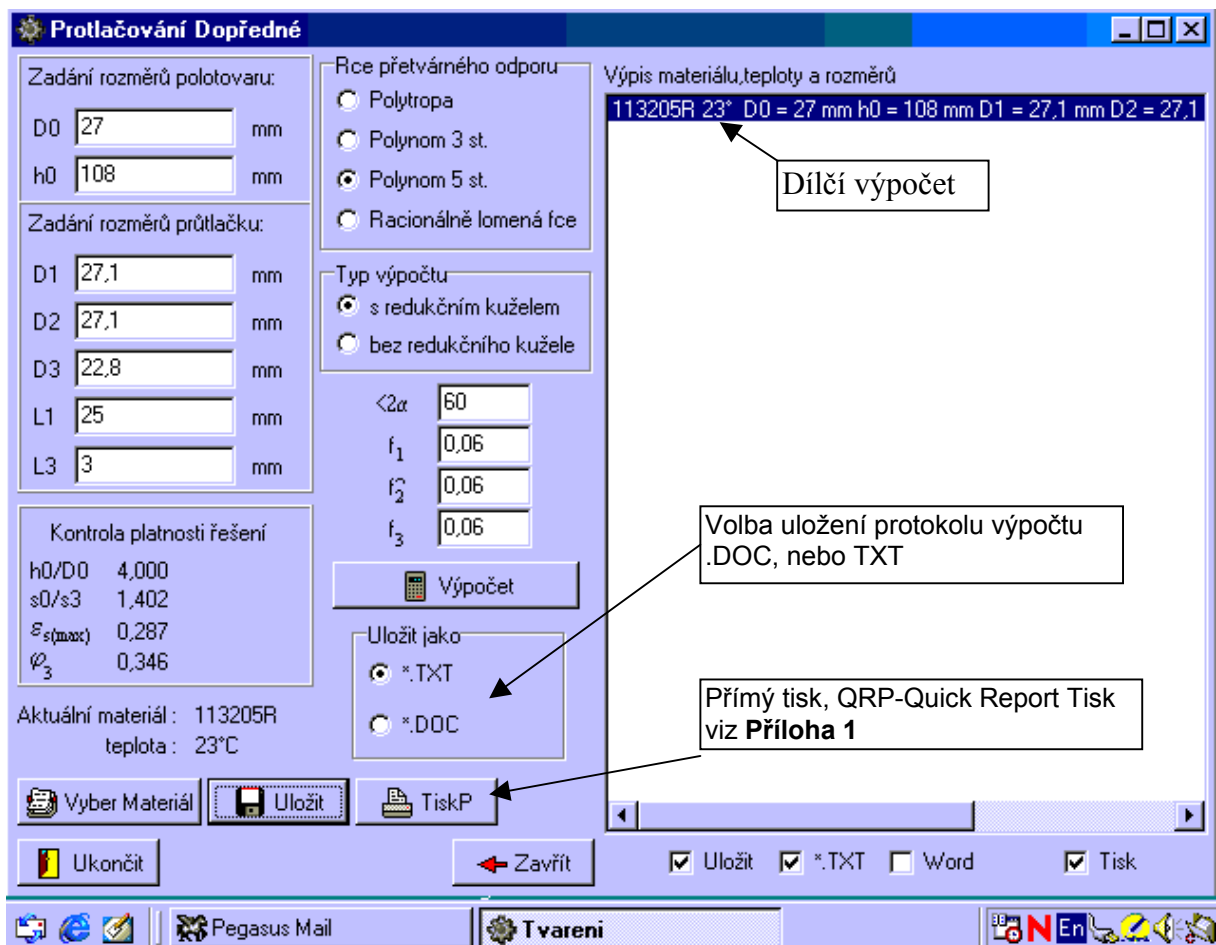
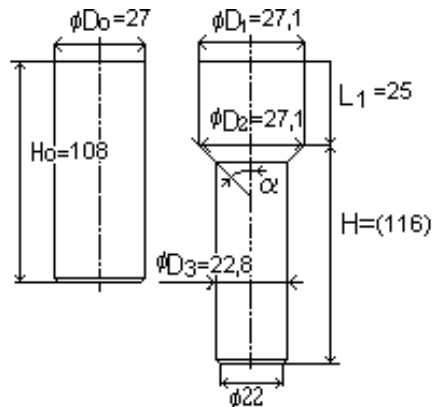
Výpočetové konstanty pro práci:
Polytropa 0 0 0

Výpočetové konstanty pro práci:
Polynom 0,28 0,38 -0,24 0,07 0 0

Vyber Ukončit

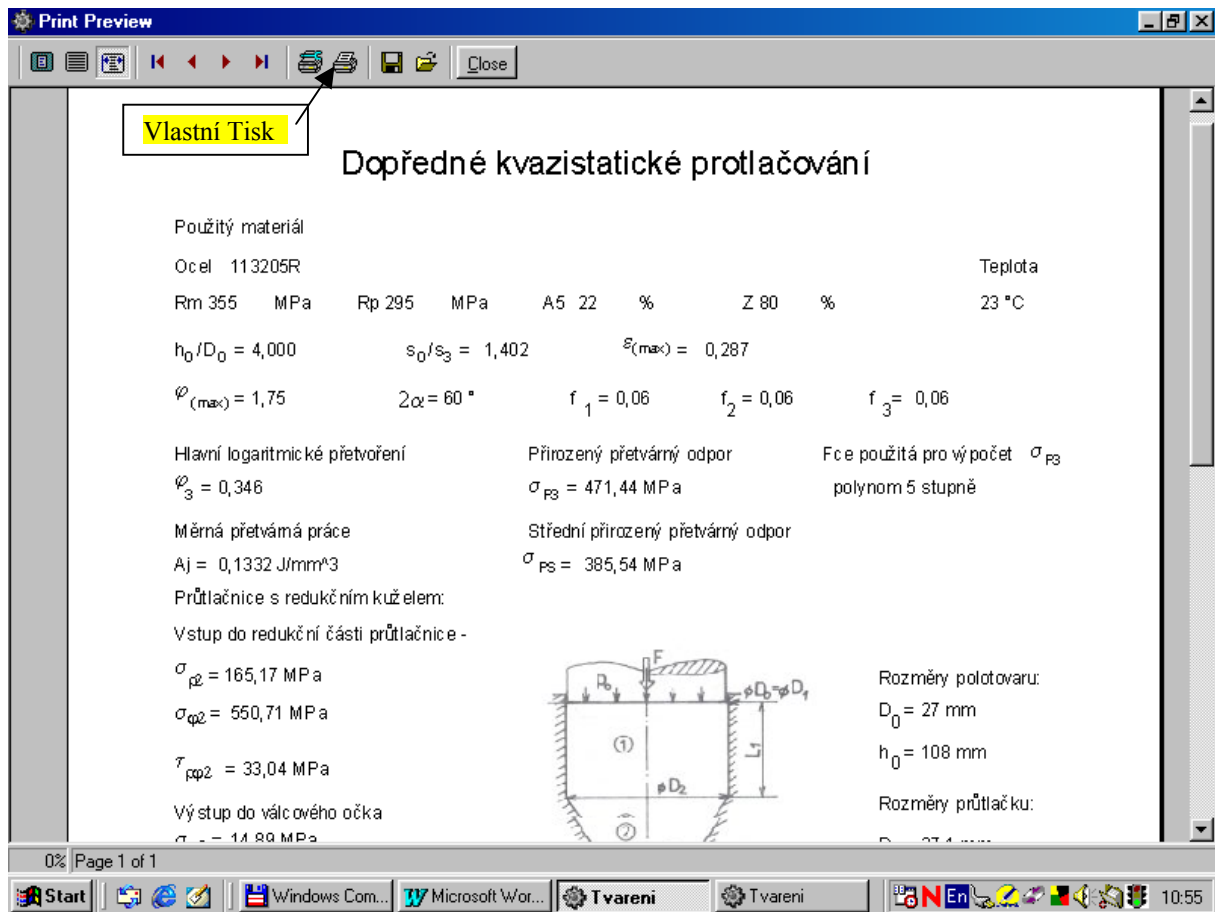
Ukončit výběr materiálu a návrat do výpočtového okna se zvoleným typem protlačování

- 1) Zadání geometrických rozměrů výchozího polotovaru (kaloty)
- 2) Zadání geometrických rozměrů průtlačku

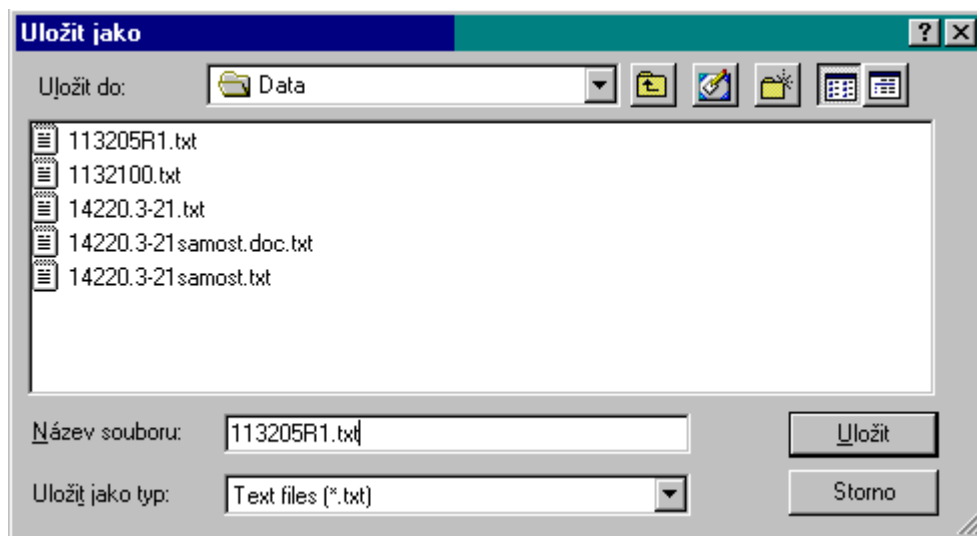


- 3) Volba matematické funkce materiálového modelu oceli 11 320 5R (polynom 5.stupně)
- 4) Zadání geometrie s redukčním kuzelem
- 5) Zadání vrcholového úhlu redukční průtlačnice 2α
- 6) Zadání součinitelů tření v kontejneru, v redukční průtlačnici a ve výstupním očku, f_1 , f_2 , f_3
- 7) **Výpočet**

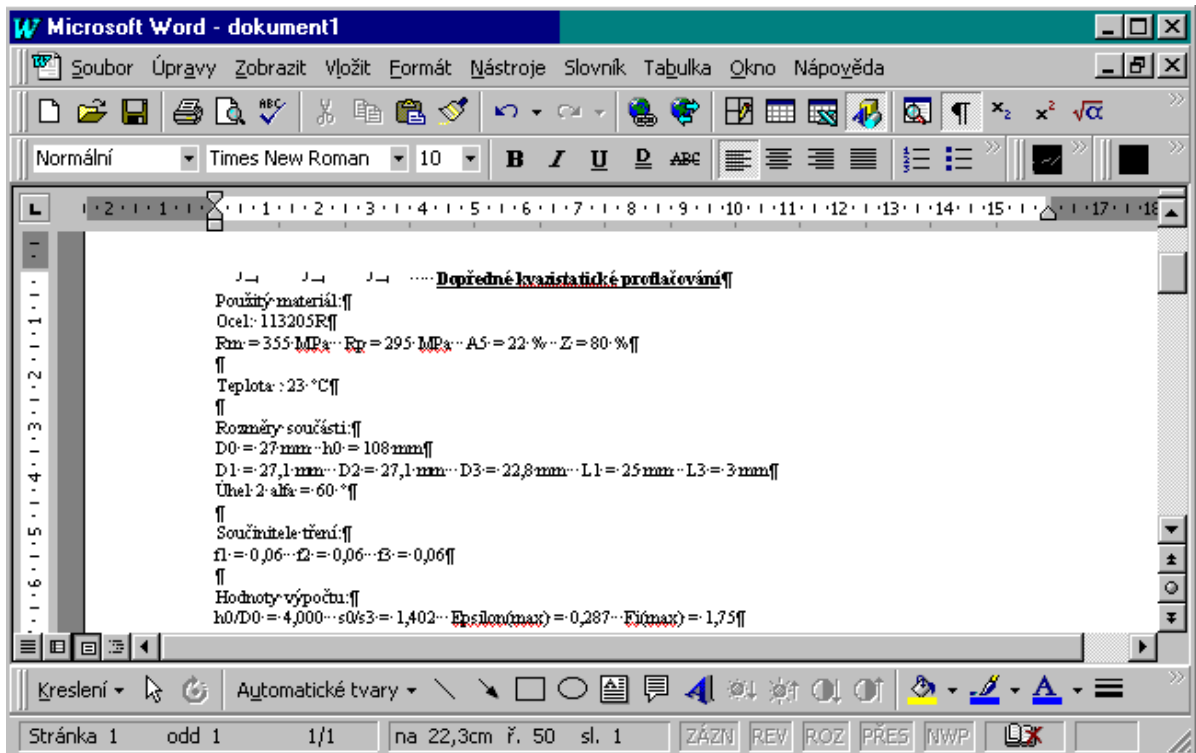
8) **TiskP** Přímý tisk, QRP-Quick Report Tisk, otevře se okno s protokolem viz **Příloha 1**



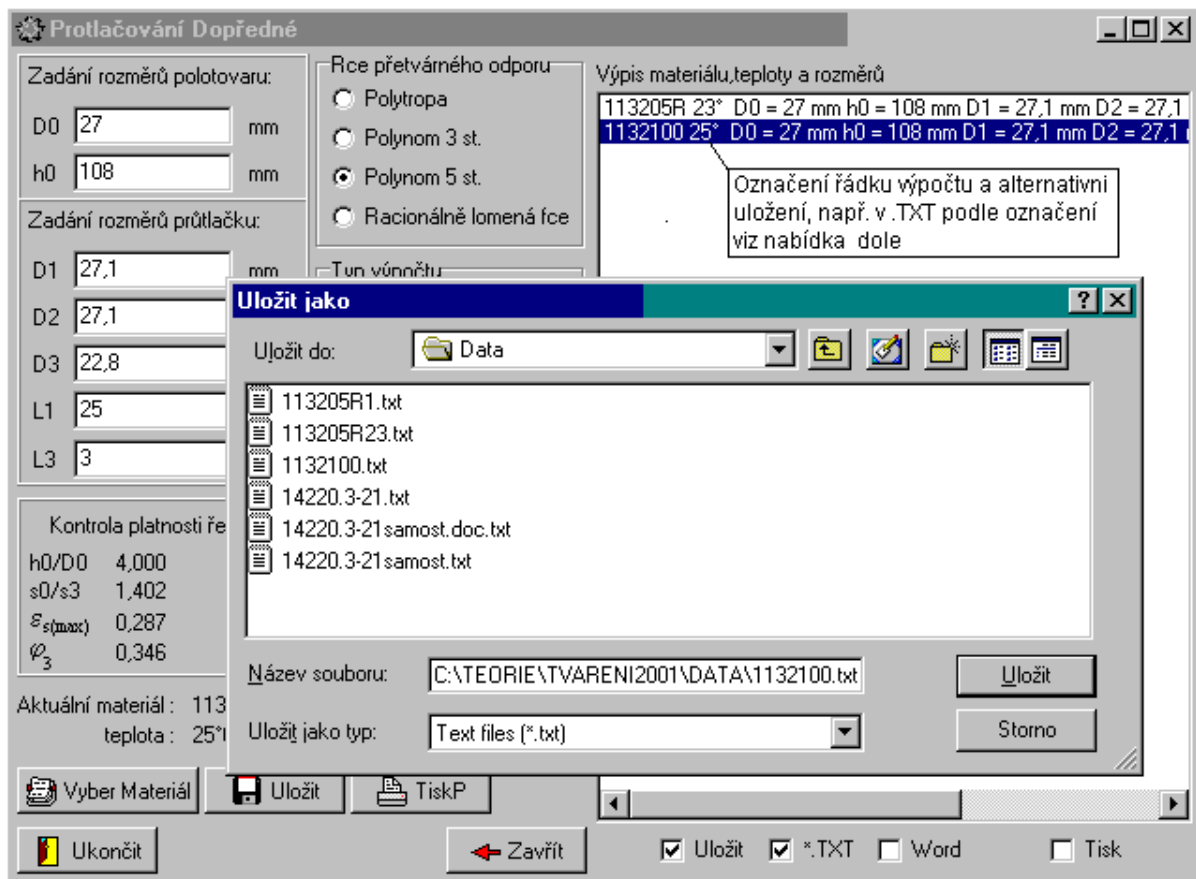
9) Volba uložení ve formátu .TXT, **Uložit** a otevře se okno pro uložení souboru 113205R1.txt v podadresáři **Data**.
 Otevřením souboru a tiskem lze získat protokol viz **Příloha 3**



- 10) Volba uložení ve formátu .DOC **Uložit** a otevře se okno ve MS Wordu pro uložení souboru 113205R1.doc nebo po dalším doplnění přímo k tisku, viz **Příloha 2**

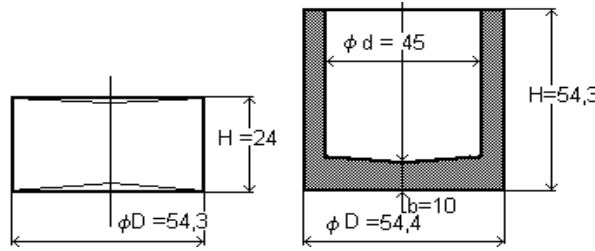


- 11) Volba alternativního uložení např. ve formátu .TXT, dle výběru řádku výpočtu uložení .



Protlačování

Volba **Protlačování Zpětné**



Dopředné kvazistatické protlačování

Požadky materiál

ČSN 1132105

Teplota

R_{p0.2} = 470 MPa

R_{p0.01} = 470 MPa

δ₅ = 16,2 %

T_{0.2} = 76,6 °C

25 °C

$k_0(D_0) = 1,000$

$k_0(D_1) = 1,000$

$\epsilon_{max} = 0,207$

$\epsilon_{max} = 1,0$

$\alpha_0 = 60$

$\epsilon_1 = 0,66$

$\epsilon_2 = 0,66$

$\epsilon_3 = 0,66$

Hlavní logaritmické přetvoření

$\epsilon_3 = 0,66$

Přibližný přetvořovací odpor

$\sigma_{p3} = 116,69 \text{ MPa}$

Pro požadku pro teplotu σ_{p3}

požávek 3. stupně

Hlavní přetvořovací práce

$\delta_1 = 0,129 \text{ mm/mm}$

Útlumení přetvořovací odpor

$\sigma_{p2} = 11,66 \text{ MPa}$

Přibližná hodnota deformace:

Vyump do max. číselnosti průřezu -

$\sigma_{s2} = 119,11 \text{ MPa}$

$\sigma_{s3} = 662,94 \text{ MPa}$

$\sigma_{s4} = 16,18 \text{ MPa}$

Vyump do min. číselnosti

$\sigma_{s1} = 27,79 \text{ MPa}$

$\sigma_{s1} = 267,11 \text{ MPa}$

$\sigma_{s2} = 59,17 \text{ MPa}$

$\sigma_{p3} = 116,69 \text{ MPa}$

$\sigma_3 = 62,11 \text{ MPa}$

Vyump do min. číselnosti

$\sigma_{s1} = 268,15 \text{ MPa}$

$\sigma_{r1} = 12,99 \text{ MPa}$

$\sigma_{r2} = 5,11 \text{ MPa}$

Vyump do max. číselnosti

$\sigma_{s2} = 119,11 \text{ MPa}$

$\sigma_{r2} = 11,66 \text{ MPa}$

$\sigma_{r3} = 1,19 \text{ MPa}$

Požadba průřezová síla

$F = 126,11 \text{ kN}$



Ročníky poloměru:

$D_0 = 27 \text{ mm}$

$D_2 = 168 \text{ mm}$

Ročníky průřezu:

$D_1 = 27,1 \text{ mm}$

$D_2 = 27,1 \text{ mm}$

$D_3 = 22,1 \text{ mm}$

$L_1 = 25 \text{ mm}$

$L_2 = 1 \text{ mm}$

Dopředné kvazistatické protlačování

Použitý materiál:

Ocel: 113205R

$R_m = 355 \text{ MPa}$ $R_p = 295 \text{ MPa}$ $A_5 = 22 \%$ $Z = 80 \%$

Teplota : 23 °C

Rozměry součástí:

$D_0 = 27 \text{ mm}$ $h_0 = 108 \text{ mm}$

$D_1 = 27,1 \text{ mm}$ $D_2 = 27,1 \text{ mm}$ $D_3 = 22,8 \text{ mm}$ $L_1 = 25 \text{ mm}$ $L_3 = 3 \text{ mm}$

Úhel $2\alpha = 60^\circ$

Součinitele tření:

$f_1 = 0,06$ $f_2 = 0,06$ $f_3 = 0,06$

Hodnoty výpočtu:

$h_0/D_0 = 4,000$ $s_0/s_3 = 1,402$ $\epsilon(\max) = 0,287$ $F_i(\max) = 1,75$

Hlavní logaritmické přetvoření - $F_i3 = 0,346$

Přirozený přetvárný odpor - $\sigma_{p3} = 471,44 \text{ MPa}$

Použitá fce pro výpočet σ_{p3} : polynom 5 stupně

Měrná přetvárná práce - $A_j = 0,1332 \text{ J/mm}^3$

Střední přirozený přetvárný odpor - $\sigma_{p3} = 385,54 \text{ MPa}$

Průtlačnice s redukčním kuželem:

Vstup do redukční části průtlačnice -

$\sigma_{R2} = 165,17 \text{ MPa}$

$\sigma_{F2} = 550,71 \text{ MPa}$

$\tau_{R2} = 33,04 \text{ MPa}$

Výstup do válcového očka -

$\sigma_{R3} = 14,89 \text{ MPa}$

$\sigma_{F3} = 486,32 \text{ MPa}$

$\tau_{R3} = 29,18 \text{ MPa}$

$\sigma_{R3} = 471,44 \text{ MPa}$

$\tau_{R3} = 28,29 \text{ MPa}$

Vstup do válcového kontejneru -

$\sigma_{Z1} = 181,67 \text{ MPa}$

$\sigma_{R1} = 78,12 \text{ MPa}$

$\tau_{R1} = 4,69 \text{ MPa}$

Výstup z válcového kontejneru -

$\sigma_{Z2} = 165,17 \text{ MPa}$

$\sigma_{R2} = 71,02 \text{ MPa}$

$\tau_{R2} = 4,26 \text{ MPa}$

Potřebná protlačovací síla:

$F = 104,79 \text{ kN}$

Dopředné dynamické protlačování

Použitý materiál:

Ocel: 1132100 (**113205R 100 s⁻¹**)

R_m = 614 MPa R_p = 589 MPa A₅ = 15,2 % Z = 70,6 %

Teplota : 25 °C

Rozměry součásti:

D₀ = 27 mm h₀ = 108 mm

D₁ = 27,1 mm D₂ = 27,1 mm D₃ = 22,8 mm L₁ = 25 mm L₃ = 3 mm

Úhel 2 alfa = 60 °

Součinitele tření:

f₁ = 0,06 f₂ = 0,06 f₃ = 0,06

Hodnoty výpočtu:

h₀/D₀ = 4,000 s₀/s₃ = 1,402 Epsilon(max) = 0,287 F_i(max) = 1,4

Hlavní logaritmické přetvoření - F_{i3} = 0,346

Přirozený přetvárný odpor - Sigma_{p3} = 880,09 MPa

Použitá fce pro výpočet Sigma_{p3} : polynom 5 stupně

Měrná přetvárná práce - A_j = 0,1429 J/mm³

Sřední přirozený přetvárný odpor - Sigma_{p3} = 413,55 MPa

Průtlačnice s redukčním kuželem:

Vstup do redukční části průtlačnice -

Sigma_{Ro2} = 189,43 MPa

Sigma_{Fi2} = 602,98 MPa

Tau_{RoFi2} = 36,18 MPa

Výstup do válcového očka -

Sigma_{Ro3} = 27,79 MPa

Sigma_{Fi3} = 907,88 MPa

Tau_{RoFi3} = 54,47 MPa

Sigma_{R3} = 880,09 MPa

Tau₃ = 52,81 MPa

Vstup do válcového kontejneru -

Sigma_{Z1} = 208,35 MPa

Sigma_{R1} = 89,59 MPa

Tau_{RZ1} = 5,38 MPa

Výstup z válcového kontejneru -

Sigma_{Z2} = 189,43 MPa

Sigma_{R2} = 81,45 MPa

Tau_{RZ2} = 4,89 MPa

Potřebná protlačovací síla:

F = 120,18 kN

Zahrnut vliv rychlosti deformace $\varphi = 100 \text{ s}^{-1}$

Dopředné dynamické protlačování

Použitý materiál:

Ocel: 1132100 (11 3205R 100 s⁻¹)

R_m = 614 MPa R_p = 589 MPa A₅ = 15,2 % Z = 70,6 %

Teplota : 25 °C

Rozměry součásti:

D₀ = 27 mm h₀ = 108 mm

D₁ = 27,1 mm D₂ = 27,1 mm D₃ = 22,8 mm L₁ = 25 mm L₃ = 3 mm

Úhel 2 alfa = 60 °

Součinitele tření:

f₁ = 0,06 f₂ = 0,06 f₃ = 0,06

Hodnoty výpočtu:

h₀/D₀ = 4,000 s₀/s₃ = 1,402 Epsilon(max) = 0,287 Fi(max) = 1,4

Hlavní logaritmické přetvoření - Fi₃ = 0,346

Přirozený přetvárný odpor - Sigmap₃ = 880,09 MPa

Použitá fce pro výpočet Sigmap₃ : polynom 5 stupně

Měrná přetvárná práce - A_j = 0,1429 J/mm³

Střední přirozený přetvárný odpor - Sigmaps = 413,55 MPa

Průtlačnice s redukčním kuželem:

Vstup do redukční části průtlačnice -

SigmaRo₂ = 189,43 MPa

SigmaFi₂ = 602,98 MPa

TauRoFi₂ = 36,18 MPa

Výstup do válcového očka -

SigmaRo₃ = 27,79 MPa

SigmaFi₃ = 907,88 MPa

TauRoFi₃ = 54,47 MPa

SigmaR₃ = 880,09 MPa

Tau₃ = 52,81 MPa

Vstup do válcového kontejneru -

SigmaZ₁ = 208,35 MPa

SigmaR₁ = 89,59 MPa

TauRZ₁ = 5,38 MPa

Výstup z válcového kontejneru -

SigmaZ₂ = 189,43 MPa

SigmaR₂ = 81,45 MPa

TauRZ₂ = 4,89 MPa

Potřebná protlačovací síla:

F = 120,18 kN

Zpětné kvazistatické protlačování

Použitý materiál:

Ocel: 11320 5R 0,1 (**Ocel 11 320.5R, 0,1 s⁻¹**)
R_m = 614 MPa, R_p = 589 MPa, A₅ = 15 %, Z = 70 %

Teplota : 25 °C

Rozměry součásti: D_o = 54,5 mm, h_o = 24 mm,
d = 45 mm, H = 54 mm

Součinitele tření: f₁ = 0,06 f₂ = 0,5 f_{2str} = 0,280

Hodnoty výpočtu:

b = 9,996 ε = 0,583 φ_{max} = 1,4 φ_{str} = 0,1

Logaritmické přetvoření v zóně 1 - φ₁ = 0,876

Celkové přetvoření na výstupu ze zóny 2 - φ_c = 1,913

Logaritmické přetvoření v zóně 2 - φ₂ = 1,037

Přirozený přetvárný odpor v zóně 1: σ_{p1} = 689,35 MPa

Celkový přirozený přetvárný odpor: σ_{pc} = 1141,8 MPa

Použitá funkce pro výpočet σ_{p1} : Polynom 5 stupně

Přirozený přetvárný odpor v zóně 2: σ_{p2str} = 729,7 MPa

Střední měrný tlak na čele průtlačníku:

σ_{z1str} = 1865,7 MPa

Měrná přetvárná práce potřebná

pro přetvoření v zóně 1: A_{j1} = 0,5674 J/mm³

Celková měrná přetvárná práce potřebná na protlačení
zadaného tvaru: A_{jc} = 1,3241 J/mm³

Celková přetvárná práce - A_c = 74136,2 J

Potřebná protlačovací síla: F = 2967,2 kN

Zpětné dynamické protlačování

Použitý materiál:

Ocel: 11320 5R-100 (Ocel 11 320.5R, 100 s⁻¹)R_m = 614 MPa, R_p = 589 MPa, A₅ = 15 %, Z = 70 %

Teplota : 25 °C

Rozměry součásti: D_o = 54,5 mm, h_o = 24 mm,

d = 45 mm, H = 54 mm

Součinitele tření: f₁ = 0,06 f₂ = 0,5 f_{2str} = 0,280

Hodnoty výpočtu:

b = 9,996 ε = 0,583 φ_{max} = 1,4 φ_{str} = 100Logaritmické přetvoření v zóně 1 - φ₁ = 0,876Celkové přetvoření na výstupu ze zóny 2 - φ_c = 1,913Logaritmické přetvoření v zóně 2 - φ₂ = 1,037Přirozený přetvárný odpor v zóně 1: σ_{p1} = 989,27 MPaCelkový přirozený přetvárný odpor: σ_{pc} = 1639,8 MPaPoužitá funkce pro výpočet σ_{p1} : Polynom 5 stupněPřirozený přetvárný odpor v zóně 2: σ_{p2str} = 1046,9 MPa

Střední měrný tlak na čele průtlačníku:

σ_{z1str} = 2677,1 MPa

Měrná přetvárná práce potřebná

pro přetvoření v zóně 1: A_{j1} = 0,8141 J/mm³Celková měrná přetvárná práce potřebná na protlačení
zadaného tvaru: A_{jc} = 1,8999 J/mm³Celková přetvárná práce - A_c = 106373,1 J

Potřebná protlačovací síla: F = 4257,7 kN

Zpětné protlačování - souhrn

Ocel	Rychlost def.	Teplota	σ _{p1}	A _{j1}	A _{jc}	σ _{p2stř}	σ _{z1stř} '=σ _d	F
	[s ⁻¹]	[°]	[MPa]	[J mm ⁻³]	[J mm ⁻³]	[MPa]	[MPa]	[kN]
11 320.5R -0,1	0,1	25	689,35	0,5674	1,3241	729,7	1865,7	2967
11 320.5R -100	100	25	989,27	0,8141	1,8999	1046,9	2677,1	4258

Zpětné dynamické protlačování

Použitý materiál:

Ocel: 14220,3-100

$R_m = 441 \text{ MPa}$ $R_p = 247 \text{ MPa}$ $A_5 = 38 \%$ $Z = 40 \%$

Teplota : 23 °C

Rozměry součásti:

$D_0 = 54,5 \text{ mm}$ $h_0 = 24 \text{ mm}$

$d = 45 \text{ mm}$ $H = 54 \text{ mm}$

Součinitele tření:

$f_1 = 0,04$ $f_2 = 0,5$ $f_{2str} = 0,270$

Hodnoty výpočtu:

$b = 9,996$ $\epsilon = 0,583$ $F_i(\max) = 1,6$ $F_i(\text{str}) = 100$

Logaritmické přetvoření v zóně 1 - $F_{i1} = 0,876$

Celkové přetvoření na výstupu ze zóny 2 - $F_{ic} = 1,913$

Logaritmické přetvoření v zóně 2 - $F_{i2} = 1,037$

Přirozený přetvárný odpor v zóně 1 - $\sigma_{map1} = 1150,27 \text{ MPa}$

Celkový přirozený přetvárný odpor - $\sigma_{mapc} = 1934,43 \text{ MPa}$

Použitá fce pro výpočet σ_{map1} : Polynom 5 stupně

Přirozený přetvárný odpor v zóně 2 - $\sigma_{map2str} = 1281,66 \text{ MPa}$

Střední měrný tlak na čele průtlačníku - $\sigma_{maz1str} = 3178,75 \text{ MPa}$

Měrná přetvárná práce potřebná pro přetvoření v zóně 1 - $A_{j1} = 0,8873 \text{ J/mm}^3$

Celková měrná přetvárná práce potřebná na protlačení zadaného tvaru - $A_{jc} = 2,2166 \text{ J/mm}^3$

Celková přetvárná práce - $A_c = 124102,2 \text{ J}$

Potřebná protlačovací síla:

$F = 5055,58 \text{ kN}$

Zpětné kvazistatické protlačování:

souhrn pro různé funkce materiálového modelu

Ocel	Teplota	SigmaP1	Aj1	Ajc	SigmaP2stř	SigmaZ1stř	F	
-	[°C]	[MPa]	[J/mm ³]	[J/mm ³]	[MPa]	[MPa]	[kN]	
14220.3	21	polytr.	909,86	0,6445	1,7253	1042,08	2558,75	4069,52
14220.3	21	polyn.3.	903,28	0,6445	1,7253	1042,08	2552,06	4058,88
14220.3	21	polyn.5.	918,58	0,6445	1,7253	1042,08	2567,61	4083,61
14220.3	21	rac.lom.	915,07	0,6445	1,7253	1042,08	2564,05	4077,94

14220.3-21souhrn.txt

Zpětné kvazistatické protlačování :
souhrn

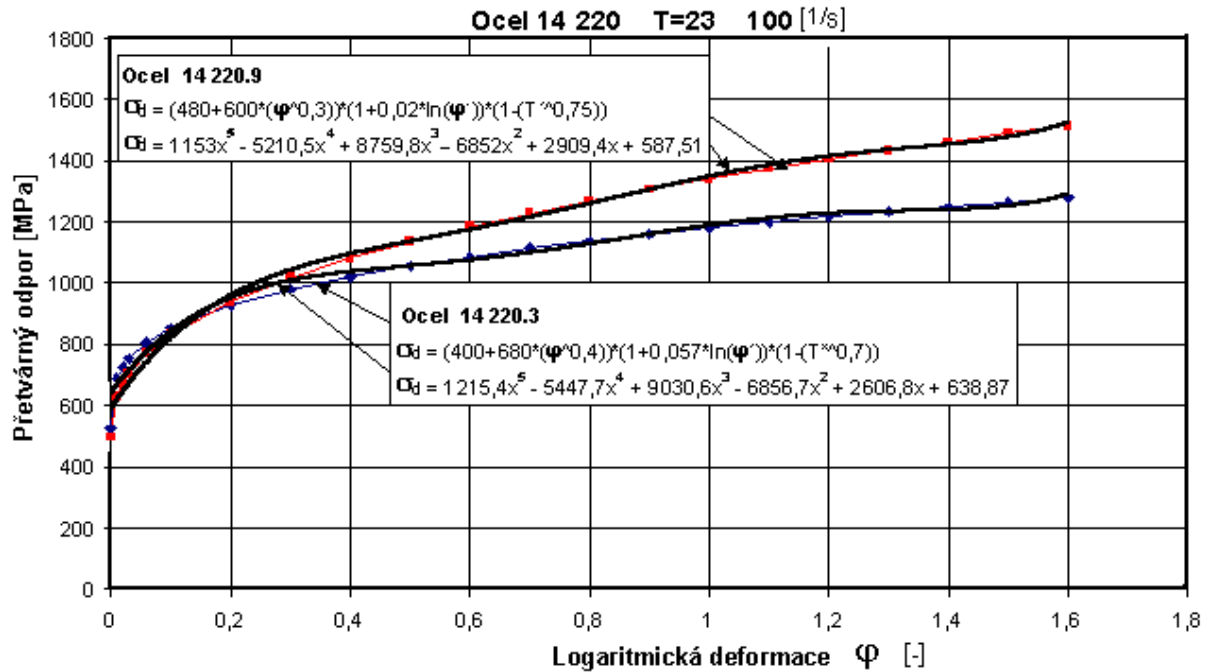
Ocel	Teplota	SigmaP1	Aj1	Ajc	SigmaP2stř	SigmaZ1stř	F
-	[°C]	[MPa]	[J/mm ³]	[J/mm ³]	[MPa]	[MPa]	[kN]
14220.3	21	909,86	0,6445	1,7253	1042,08	2558,75	4069,52
14220.3	21	903,28	0,6445	1,7253	1042,08	2552,06	4058,88
14220.3	21	918,58	0,6445	1,7253	1042,08	2567,61	4083,61
14220.3	21	915,07	0,6445	1,7253	1042,08	2564,05	4077,94

Zpětné kvazistatické protlačování:

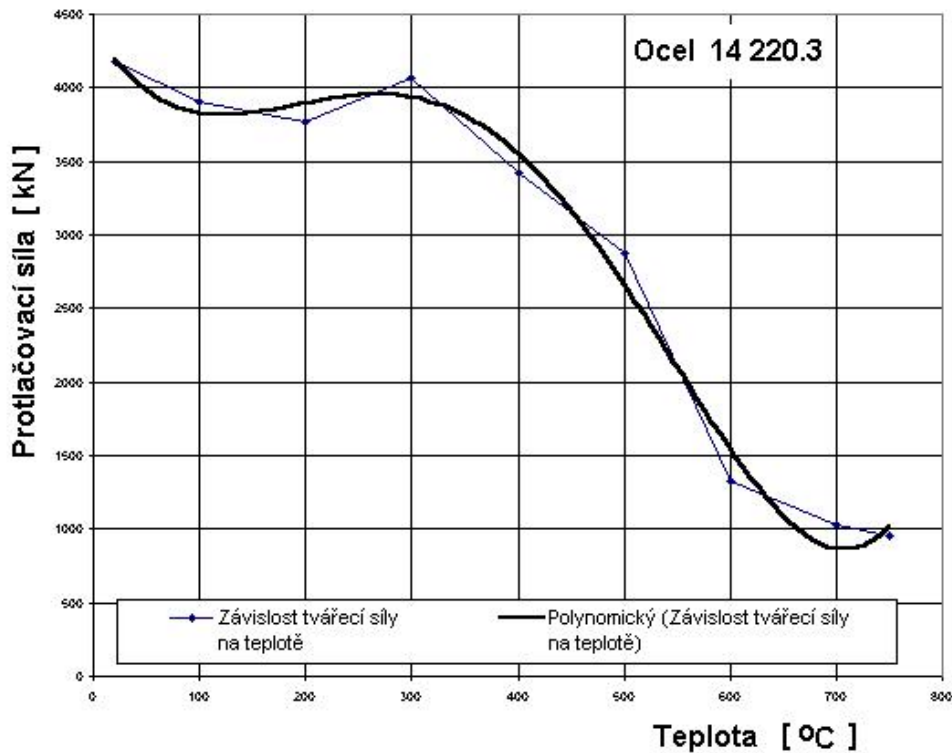
souhrn pro různé teploty

Ocel	Teplota	SigmaP1	Aj1	Ajc	SigmaP2stř	SigmaZ1stř	F
-	[°C]	[MPa]	[J/mm ³]	[J/mm ³]	[MPa]	[MPa]	[kN]
14220.3	21	951,89	0,7855	1,8140	1068,51	2340,75	1195,43
14220.3	100	936,86	0,7334	1,9191	1231,87	2534,67	1294,47
14220.3	200	878,67	0,7031	1,8800	1222,59	2463,37	1258,05
14220.3	300	837,75	0,7961	1,8491	1093,94	2256,78	1152,55
14220.3	400	791,31	0,6501	1,6618	1051,00	2154,35	1100,24
14220.3	500	650,12	0,5484	1,6298	1123,45	2102,98	1074,00
14220.3	600	300,40	0,2675	0,6332	379,96	793,47	405,23
14220.3	700	230,07	0,2353	0,4282	200,44	491,70	251,11
14220.3	750	201,29	0,1954	0,6487	470,95	808,83	413,07

Příklad křivky zpevnění oceli 14 220 pro rychlost deformace 100 s^{-1} , vyjádřené Johnson-Cook konstitutivní rovnicí a aproximované polynomem 5.stupně.



Příklad závislosti Síla- teplota vyhodnocené v Microsoft EXCEL



ABOUT

QUERY- Deklarace původu a tvůrců programu

