

Porovnání různých šarží materiálu DC06 na rychlost deformace

Michal Valeš^{1,*}

¹ ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav strojírenské technologie, Technická 4, 166 07 Praha 6, Česká republika

Abstrakt

Předmětem článku „Porovnání různých šarží materiálu DC06 na rychlost deformace“ je ověření vlivu deformační rychlosti na tvařitelnost vybrané materiálové jakosti DC06. Rešeršní část pojednává o problematice tváření a vlivu materiálových vlastností na tvařitelnost. Cílem experimentu je zjištění vlivu deformační rychlosti za pomoci zkoušky tahem a vyhodnocení získaných výsledků.

Klíčová slova: deformační rychlost, tváření kovů, tvařitelnost, DC06, zkouška tahem

1. Úvod

Technologie tváření je nedílnou součástí strojírenské výroby, jedná se o jednu z nejproduktivnějších a nejekonomičtějších výrobních metod. Stejně jako u ostatních výrobních technologií můžeme i u technologie tváření pozorovat stále se zvyšující časové, kvantitativní i kvalitativní požadavky. Zvyšování výrobního taktu má negativní vliv na skutečnou výrobu jednotlivých součástí. Dochází ke zvýšené produkci zmetků a tím ke vzniku finančních ztrát. Výrobní proces nelze neustále zrychlovat a upravovat např. z důvodu fyzikálních vlastností materiálu, a proto je potřeba proces optimalizovat a problematiku hlouběji zkoumat.

Jednou z veličin ovlivňujících proces tváření je rychlost deformace. Tato práce se zabývá vlivem deformační rychlosti na změnu chování mechanických a technologických vlastností. Vzhledem k historii prací realizovaných na Ústavu strojírenské technologie ČVUT v Praze byla pro experiment vybrána jakostní legovaná ocel DC06. Tato materiálová jakost vykazuje proti jiným dříve zkoušeným materiálům vyšší citlivost právě na rychlost deformace, a proto lze tento vliv snáze pozorovat.

Vybraným nástrojem pro zjištění mechanických vlastností byla zvolena zkouška tahem. Při experimentu bude sledováno pět materiálových vlastností: mez kluzu, mez pevnosti, tažnost, exponent deformačního zpevnění a součinitel plastické anizotropie v závislosti na deformační rychlosti. Budou provedeny vždy tři zkoušky pro 7 rozdílných rychlostí posuvu příčnicku zkušebního stroje na 9 vybraných šaržích jakosti DC06. Získané výsledky budou okomentovány a graficky zpracovány.

2. Problematika tváření

2.1. Technologie tváření

Podstatou tvářecích pochodů jsou plastické deformace. Plastickou deformací se rozumí trvalá změna tvaru a rozměrů tělesa bez porušení soudržnosti, a při zachování konstantního objemu. Ke vzniku plastické deformace je nutné překročit hodnotu meze kluzu materiálu působením vnějších silových nebo energetických účinků. Nastane tr-

valý posuv atomů o vzdálenost větší, než je hodnota mřížkového parametru tvářeného materiálu. K posuvu atomů dochází primárně smykem, případně dvojčatěním. [1]

Technologická tvařitelnost vyjadřuje schopnost materiálu plásticky se deformovat, aniž dojde k porušení soudržnosti. Faktory, které ovlivňují technologickou tvařitelnost jsou: chemické složení materiálu, struktura materiálu, teplotní a rychlostní podmínky, napěťový stav, geometrický faktor a vliv vnějšího prostředí. [1]

Technologii tváření lze vzhledem k teplotě, při které je těleso tvářeno, dělit na tváření za tepla, za poloohřevu a za studena. Tváření za studena probíhá pod rekrystalizační teplotou (0,35 – 0,4 teploty tání daného kovu). Tvářením za studena materiál zpevňuje, zrna se deformují ve směru tváření a dochází k anizotropii mechanických vlastností. Tvářet za studena lze materiál jen do chvíle, kdy je vyčerpána zásoba plasticity. [1, 2]

2.2. Ukazatel tvařitelnosti

Technologickou tvařitelnost lze hodnotit mechanickými vlastnostmi materiálu a tzv. ukazateli tvařitelnosti (dále jen UT). Ke zjištění mechanických vlastností slouží základní a napodobující zkoušky, v našem případě zkouška tahem. [3]

Jednotlivé mechanické vlastnosti mají různý vliv na proces plošného tváření. Soukromé společnosti často, na základě vlastních dat, vyhodnocují své komplexní ukazatele tvařitelnosti. Ty lépe vypovídají o způsobilosti materiálu pro produkci jednotlivých výrobků či jejich skupin. Obecně o způsobilosti materiálu pro konkrétní tvářecí operace vypovídá Liletův diagram. [3]

Již tažnost samotnou lze považovat za ukazatel tvařitelnosti. Její zařazení je ale rozporuplné. Experimentálně bylo ověřeno, že celková tažnost po přetržení vzájemně souvisí s výsledky zkoušky hloubením. Platnost byla dokázána pro různé materiály s velmi dobrou shodou. [3, 4]

Rovněž rovnoměrné prodloužení používané k popisu homogenní oblasti plastické deformace, na kterém vyhodnocujeme exponent deformačního zpevnění, lze využít k hodnocení tvařitelnosti. Autoři [3] poukazují na vzájemnou korelaci výsledků exponentu deformačního zpevnění a zkouškami hloubením pro různé materiály. [3]

* Kontakt na autora: michal.vales@fs.cvut.cz

3. Charakteristika materiálové jakosti DC06

Všechna zkušební tělesa použitá v experimentu byla odebrána z materiálové jakosti DC06+ZE50/50-B-PO.

3.1. Mechanické vlastnosti materiálu DC06 dle ČSN EN 10152

Součinitel plastické deformace i exponent deformačního zpevnění je dle normy ČSN EN 10152 definován pouze ve směru 90° (tj. kolmo na směr válcování). [5]

Tabulka 1. Mechanické vlastnosti materiálové jakosti DC06 [10]

R_e MPa	R_m MPa	A_{80} % MPa min.	r_{90} MPa min.	n_{90} MPa min.
- / 180	270 až 350	41	2,1	0,21

Galvanické pokovení zinkem poskytuje základnímu materiálu dlouhodobou ochranu vůči korozi. Zinkované výrobky jsou dále vhodné pro nanášení nátěrů. [6]

V označení se uvádí povlak jako desetinásobek jmenovité tloušťky v μm , a to odděleně pro každou stranu.

4. Příprava experimentu

4.1. Úvod do experimentu

Cílem experimentu je, jak již bylo v úvodu zmíněno, určení mechanických vlastností materiálu DC06 v závislosti na rychlosti deformace. Principem experimentu je dodržení všech zkušebních podmínek, jak je definuje norma ČSN EN ISO 6892-1. Jediným parametrem, který se od normy odchyľuje, je právě deformační rychlost. Pro experiment byla zvolena materiálová jakost DC06+ZE50/50-B-PO, jedná se o hlubokotažnou ocel válcovanou za studena, která je vhodná k tváření za studena.

Na 9 různých šaržích materiálové jakosti DC06, poskytnutých společností Škoda Auto, a.s., bylo dostupně provedeno celkem 189 zkoušek tahem. Pro každou šarži a zvolenou deformační rychlost byla zkouška provedena třikrát. Zkoušky tahem byly provedeny v laboratoři skupiny tváření Ústavu strojírenské technologie, Fakulty strojní, ČVUT v Praze

4.1.1. Zkušební těleso

Před započítím experimentu bylo nutné seznámit se s níže uvedenými normami. Ty definují parametry zkoušky, zásady pro vypracování a různé okrajové podmínky.

ČSN EN ISO 23718: Kovové materiály – Mechanické zkoušení – Slovník

ČSN 42 0303: Zkoušení kovů. Názvy, označení a jednotky

ČSN EN ISO 377: Zkoušení kovů. Ocel. Odběr a zpracování zkušebních vzorků pro mechanické zkoušení

ČSN EN ISO 3785: Kovové materiály – Označování os zkušebních v návaznosti na texturu výrobku

ČSN 42 0311: Zkoušení kovů. Zkušební tyče pro zkoušku tahem. Základní ustanovení

ČSN 42 0321: Zkoušení kovů. Zkušební tyče ploché, tloušťky od 0,1 do 4mm, pro zkoušku tahem

Všechny vzorky byly odebrány ve směru 90°, tj. kolmo ke směru válcování. Výroba vzorků proběhla v souladu s výše zmíněnými normami.

4.2. Zkušební stroj

Zkoušky tahem byly prováděny na univerzálním elektro-mechanickém stroji LabTest 5.100 SP1 který disponuje softwarem LabTest Test&Motion. Zkušební stroj umožňuje provádět statické zkoušky v tahu, tlaku, ohybu a cyklickém namáhání. Software Test&Motion je schopen automaticky vyhodnotit standardizované zkušební metody. [12]

4.3. Rychlost posuvu příčnicku

Vzhledem k předchozímu výzkumu materiálové jakosti DC06 bylo vybráno sedm rychlostí posuvu příčnicku uvedených v tabulce 2. Materiál vykazoval vyšší citlivost na rychlost deformace převážně při menších rychlostech posuvu příčnicku, proto byly hodnoty zvoleny následovně.

Tabulka 2. Zvolené rychlosti posuvu příčnicku

v_c [mm·s ⁻¹]	$\dot{\epsilon}_{L_c}$ [s ⁻¹]
5	0,001 04
10	0,002 08
15	0,003 13
30	0,006 25
80	0,016 7
250	0,052 1
780	0,163

4.4. Seznam použitého materiálu

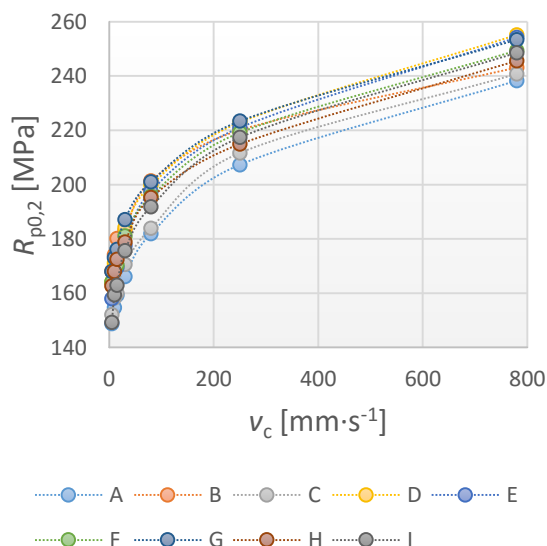
Tabulka 3. Seznam použitého materiálu

Značení	Materiál	Tloušťka [mm]	č. svitku	Výrobce
A	DC06+ZE50/50-B-PO	0,76	7719454	AM Liege
B	DC06+ZE50/50-B-PO	0,76	2R64801	TKS
C	DC06+ZE50/50-B-PO	0,76	7719464	AM Liege
D	DC06+ZE50/50-B-PO	0,7	7701769	AM Liege
E	DC06+ZE50/50-B-PO	0,76	8042006	Salzgitter
F	DC06+ZE50/50-B-PO	0,76	7711770	AM Liege
G	DC06+ZE50/50-B-PO	0,75	2S31301	TKS
H	DC06+ZE50/50-B-PO	0,75	2R83001	TKS
I	DC06+ZE50/50-B-PO	0,71	7689939	AM Liege

5. Vyhodnocení experimentu

5.1. Smluvní mez kluzu

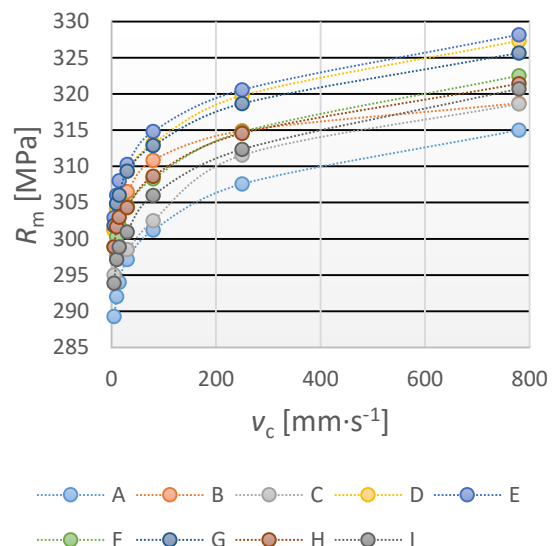
Na základě naměřených dat jsem sestrojil závislost R_c na rychlosti deformace. Grafická závislost dokládá, že s rostoucí hodnotou rychlosti deformace se zvyšuje hodnota meze kluzu. Všechny dostupné šarže materiálové jakosti DC06 vykazují identický průběh. Při srovnání hodnot meze kluzu u mezních rychlostí posuvu příčnicku zjistíme, že průměrně se zvýší hodnota meze kluzu o 90 MPa.



Obr. 1. Závislost smluvní meze kluzu na rychlosti posuvu příčnicku

5.2. Mez pevnosti

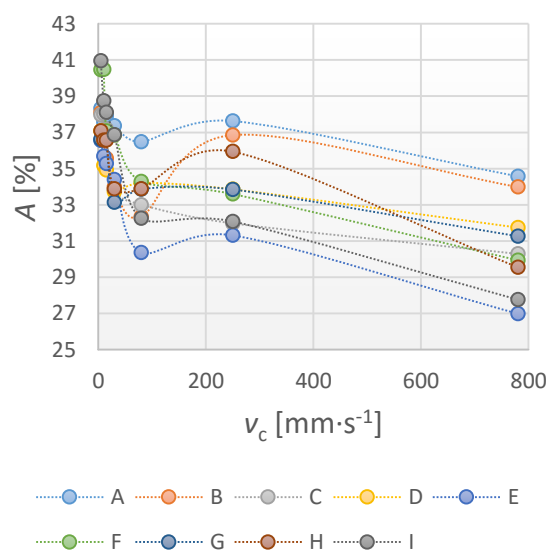
Grafická závislost meze pevnosti na rychlosti posuvu příčnicku vykazuje stejný trend jako v případě meze kluzu. S rostoucí rychlostí posuvu příčnicku vzrůstá hodnota meze pevnosti. Potvrzují to všechny materiálové šarže. Pokud srovnáme meze pevnosti pro zvolené mezní rychlosti posuvu příčnicku, zjistíme, že průměrně se navýší hodnota meze pevnosti o přibližně 25 MPa. Se zvyšující se rychlostí posuvu příčnicku (rychlosti deformace) klesá zásoba plasticity materiálové jakosti DC06.



Obr. 2. Závislost meze pevnosti na rychlosti posuvu příčnicku

5.3. Tažnost

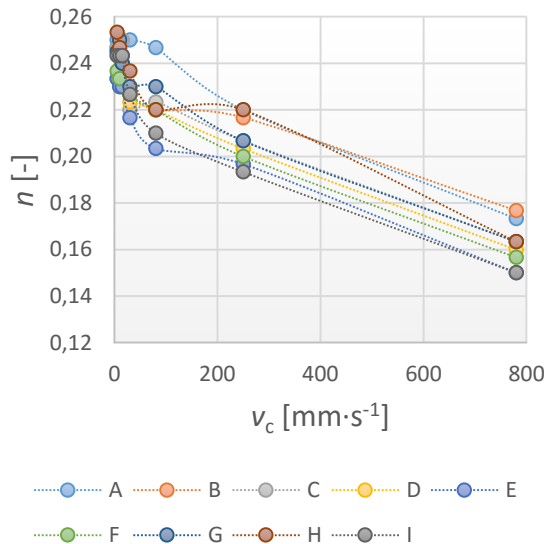
Z naměřených dat pro materiálovou jakost DC06 jsem sestrojil grafickou závislost tažnosti na rychlosti deformace. Tažnost s rostoucí hodnotou rychlosti deformace klesá. Výjimkou je oblast kolem rychlosti 250 mm·s⁻¹, kde dochází k dočasnému růstu velikosti tažnosti.



Obr. 3. Závislost tažnosti na rychlosti posuvu příčnicku

5.4. Exponent deformačního zpevnění

Hodnoty exponentu deformačního zpevnění mají, v závislosti k zvyšující se deformační rychlosti, tendenci k poklesu. Z důvodu menší zásoby plasticity (interval mezi $R_{p0,2}$ a R_m), lze očekávat pokles hodnoty n , jakožto směrnice křivky. Nízká hodnota n značí především zhoršenou tvařitelnost během vypínání (dvouosý tah).



Obr. 4. Závislost exponentu deformačního zpevnění na rychlosti posuvu příčnicku

6. Závěr

Tato práce pojednává o problematice teorie tváření v souvislosti ze změnou mechanických vlastností vzhledem k rozdílné deformační rychlosti u tahové zkoušky. V experimentální části jsem se zabýval vyhodnocením naměřených dat, vytvořením výsledných grafů a jejich komentářem.

Cílem této práce bylo zhodnocení vlivu deformační rychlosti na chování materiálové jakosti DC06+ZE50/50-B-PO. Pro každou šarží a rychlost posuvu příčnicku byly provedeny tři zkoušky tahem. Zkouška tahem byla nástrojem pro zjištění pěti mechanických vlastností materiálu: meze kluzu, meze pevnosti, tažnosti, součinitele plastické deformace a exponentu deformačního zpevnění.

Vybrané mechanické vlastnosti byly podrobně sledovány a získané hodnoty jsou publikovány v kapitolách 5.1 až 5.4. Trend průběhu jednotlivých mechanických vlastností lze u všech zkoušených šarží považovat za téměř identický. Dochází k pouze minimálnímu rozptylu hodnot při stejných velikostech rychlosti. Experiment prokázal, že s rostoucí deformační rychlostí dochází ke zhoršení tvařitelnosti materiálové jakosti DC06. V důsledku zvýšení deformační rychlosti klesá velikost zásoby plasticity i hodnota exponentu deformačního zpevnění, který slouží jako ukazatel tvařitelnosti pro vypínání.

Nepodařilo se mi korektně vyhodnotit součinitel plastické anizotropie, příčinou může být nesprávná synchronizace průtahoměru zaznamenávajícího změny šířky

se strojem. Pro vyhodnocení anizotropie by bylo vhodné použít vzorky ve více směrech.

Všechna naměřená data je možné získat od autora článku.

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval vedoucímu práce Ing. Františku Tatíčkoví, Ph.D. za vedení práce, poskytnutí cených rad, odborné literatury a ochotu konzultovat danou problematiku. Mé další poděkování patří společnosti Škoda Auto, a.s., bez které by nebylo možné práci realizovat.

Seznam symbolů

v_c	rychlost posuvu příčnicku (mm·s ⁻¹)
R_m	mez pevnosti v tahu (MPa)
R_p	smluvní mez kluzu (MPa)
R_e	mez kluzu (MPa)
r	součinitel plastické anizotropie (-)
n	exponent deformačního zpevnění (-)

$\dot{\epsilon}_{Lc}$ deformační rychlost odhadnutá ze zkoušené délky (s⁻¹)

Literatura

VALEŠ, Michal. *Porovnání různých šarží materiálu DC06 na rychlost deformace*. Praha, 2014. Bakalářská práce. ČVUT v Praze. Vedoucí práce Ing. František Tatíček, Ph.D.

- [1] PROCHÁZKA, Jiří, MIROSLAV ZAPOTIL, MILAN NĚMEC a JIŘÍ NOVOTNÝ. *Technologie slévání, tváření a svaření*. 3. vyd. Praha: ČVUT, 1990, 343 s.
- [2] TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI - FAKULTA STROJNÍ. *TUL. Katedra strojírenské technologie - Oddělení tváření kovů. Technologie tváření kovů* [online]. TUL©2012 [cit. 2014 - 05 - 16]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/01.htm
- [3] PETRUŽELKA, Jiří, SONNEK Pavel. *Tvařitelnost kovových materiálů*. Ostrava: VŠB, 2007, 211 s.
- [4] CVEŠPER, David. *Verifikace stupně plošné anizotropie a exponentu deformačního zpevnění*. Praha, 2014. DIPLOMOVÁ PRÁCE. ČVUT v Praze. Vedoucí práce Ing. František Tatíček
- [5] ČSN EN 10152. *Technické dodací podmínky – Ocelové ploché výrobky válcované za studena elektrolyticky pozinkované pro tváření za studena*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009. 10. – 15. s. ICS 77.140.50
- [6] KRAUS, Václav. *Povrchy a jejich úpravy*. 1. vyd. Pízeň: Západočeská univerzita, 2000, s. 174. ISBN 80-7082-668-1.