

Praktické zkušenosti s aplikací NADCA na tepelné zpracování forem pro tlakové lití

Jiří Stanislav, Klára Tesárková,

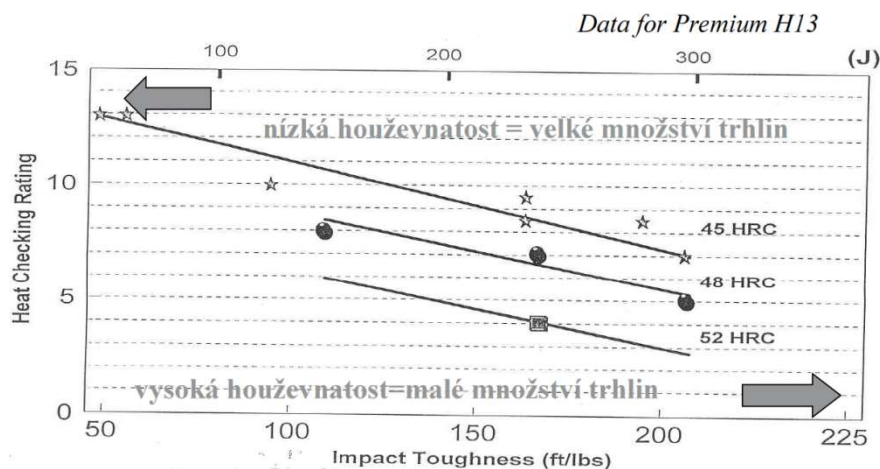
Bodycote HT, CZ, Tanvaldská 345, Liberec 30, liberec@bodycote.com

Abstrakt

Zvyšování životnosti forem pro tlakové lití je významně ovlivněno aplikací kontrolních mechanismů dle NADCA 207 na dodavatele oceli a na dodavatele tepelného zpracování. Tyto kontrolní mechanismy by měly být součástí procesu výroby nástrojů pro tlakové lití a tedy součástí systému řízení jakosti. Některé praktické zkušenosti jsou diskutovány v této přednášce.

1. Úvod

Dnešní stav znalostí o příčinách vzniku trhlin z tepelné únavy u forem pro tlakové lití jednoznačně ukazuje na korelaci mezi rázovou houževnatostí oceli a vznikem a šířením trhlin z tepelné únavy.



Obr. č. 1 - Závislost mezi rázovou houževnatostí oceli H13 a rychlostí šíření trhlin z tepelné únavy pro různé tvrdosti oceli

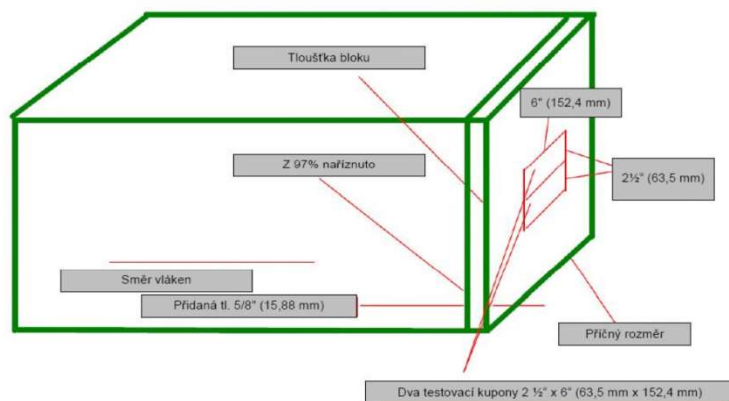
Princip zjišťování rázové houževnatosti je nastíněn v NADCA 207-2008 rev., jejíž předpis stanovuje přesná přejímací kritéria výběrových ocelí pro formy na tlakové lití, postupy tepelného zpracování a mechanismy systematické kontroly výsledných vlastností oceli po tepelném zpracování formy.

Jakost oceli se testuje ve dvou stupních:

1. Vstupní kontrola materiálu – první test má za úkol vyloučit neshody v dodaném polotovaru před vstupem do procesu výroby vložky

2. Kontrola tepelného zpracování – druhý test má za úkol vyloučit neshody v tepelném zpracování

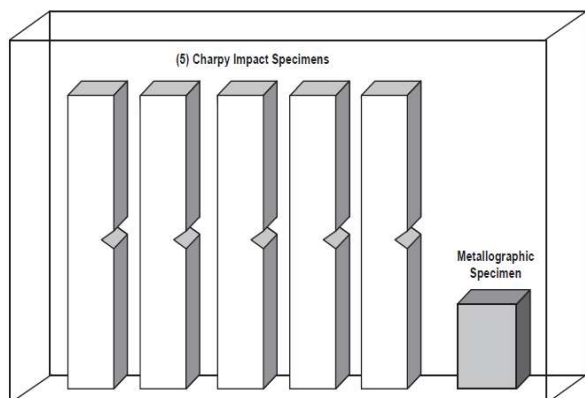
Cílem tohoto testování je měřitelné ověření kvality vstupního materiálu a dodávaného tepelného zpracování v rámci doporučení dle NADaCA.



Obr.č. 2 - Příprava vzorků pro zkoušky dle NADCA

Materiál pro výrobu testovacích kuponů je povinen připravit dodavatel oceli, jednak přídavkem cca. 16 mm na délku bloku, jednak provedením 97% nářezu polotovaru tak, aby byla jistota, že materiál pro testování náleží k bloku materiálu z nějž bude vložka vyráběna. Materiál k testování nelze dodat odděleně od vlastního materiálu vložky.

Výrobce nástroje z přířezu pro testování vyrobí dva zkušební kupony pro výrobu vzorků pro test rázové houževnatosti. Každý kupon má rozměr 63,5 x 152,4 mm.



Obr.č. 3 - Znázornění umístění a orientace vzorků pro test rázové houževnatosti a metallografického hodnocení mikrostruktury, vyrobených v souladu s ASTM A370-05 z kaleného a popuštěného kuponu.

2. Princip testování

2.1. Testování vstupní jakosti materiálu

Cílem testu je zjistit absolutní výtěžnost materiálu pro výrobu vložek. Jedná se tedy o ideální případ, kdy je kupon pro výrobu vzorků pro rázové zkoušky podroben ideálnímu kalení s maximální rychlostí ochlazování, tedy do oleje.

Teplota austenitizace	dle typu materiálu a doporučení NADCA (Tabulka č. 1)
Teplota olej	max. 50 °C
Popouštění	min. 2 x (v praxi obvykle 3x)
Teplota popouštění	jedna z teplot musí být minimálně 590°C, doba 2h
Dochlazení	vždy na pokojovou teplotu po každém popouštění
Tvrдость	44-46 HRC

Takto zpracovaný testovací kupon č.1 je zaslán schválenému dodavateli k testování, který zajistí jak výrobu vzorků pro rázové zkoušky, tak i vlastní test a certifikát. Rozložení vzorků v rámci testovacího kuponu je znázorněno na obr. 3. Směr vláken materiálu je orientován ve směru vrubu.

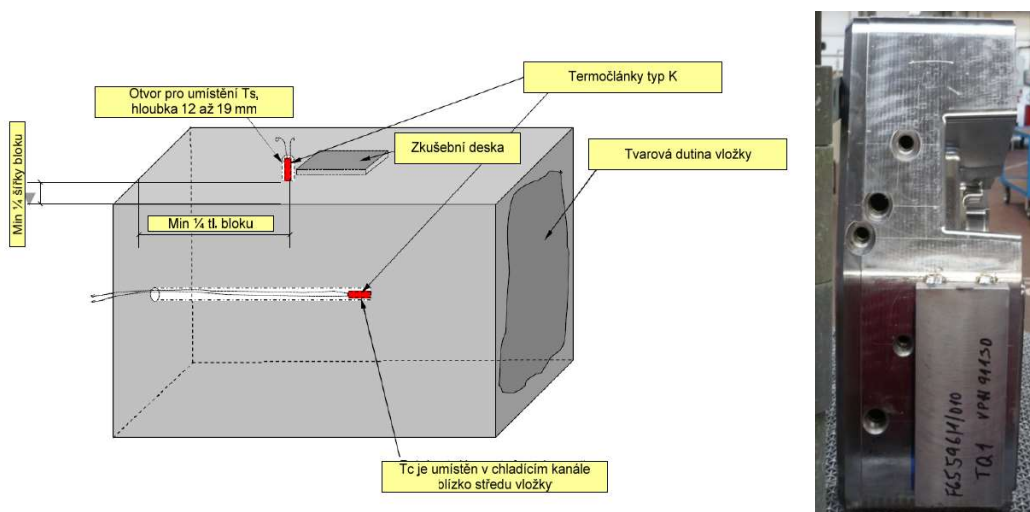
	Austenitizační teplota [°C]	Hodnoty rázové houževnatosti po ideálním tepelném zpracování na zkušební desce č.1 [J]		Hodnoty rázové houževnatosti pro kalení stav na reálném kuse ze zkušební desky č.2 [J]	
		Průměr [J]	Min [J]	Průměr [J]	Min [J]
H13 Premium (1.2344)	1030	10,8	8,1		
H13 Superior (1.2344)	1030	13,6	10,8	10,8	8,1
Uddeholm Dievar	1010	19	14,9	14,9	12,2
Bohler W403 VMR	1030	13,6	10,8	10,8	8,1
Ellwood ExEl Hto Die	1030	13,6	10,8	10,8	8,1
Kind RPU	1030	13,6	10,8	10,8	8,1
Thyrotherm 1.2367	1030	13,6	10,8	10,8	8,1
Bohler 300 Isobloc	1000	19	14,9	14,9	12,2
1.2343 Supra	1000	19	14,9	14,9	12,2
Uddeholm Vidar Supreme	1000	19	14,9	14,9	12,2
Bohler W400 VMR	990	27	23	21,7	19
Uddeholm Vidar Superior	995	19	14,9	14,9	12,2
Kind TQ1	1010	19	14,9	14,9	12,2
Thyrotherm E38K	1010	19	14,9	14,9	12,2
Aubert Duval ADC3	1030	19	14,9	14,9	12,2
Dunn DSS#3	1030	19	14,9	14,9	12,2
Ellwood ExEl Tuf-Die	1030	19	14,9	14,9	12,2
Nippon Koshuha KDA-1	1030	19	14,9	14,9	12,2

Tabulka č. 1 - Doporučené teploty austenitizace pro jednotlivé materiály a hodnoty rázové houževnatosti, kterých musí být dosaženo během zkoušek

2.2. Testování kvality tepelného zpracování

V případě, že vstupní testy materiálu jsou vyhovující, materiál se uvolní pro výrobu vložky. V případě, že testy nedávají vyhovující hodnoty rázové houževnatosti, dodavatel oceli by měl dodat nový materiál jak na vložky, tak na testování bez prodlení a na své náklady.

V okamžiku kdy vložka je připravena pro proces tepelného zpracování, druhá destička vyrobená pro testování je bodově přivařena na těleso vlastní vložky tak, aby byl zajištěn její plný kontakt s tělesem vložky a aby bylo zaručeno, že reprezentuje chování materiálu vložky při procesu kalení a popouštění.



Obr.č. 4 - Umístění testovacího kuponu a termočláneků pro kalení

Po provedení vlastního tepelného zpracování vložky dodavatel TZ oddělí testovací kupon č.2 a zašle ho schválenému dodavateli k testování. Ten jako v předchozím případě vyrobí vzorky pro rázové zkoušky a tyto zkoušky provede i s výsledným protokolem. Pokud jsou hodnoty v rozsahu dle NADCA, kalírna vložku uvolní výrobcí nástroje.

Pokud požadované hodnoty nebyly dosaženy, vstupní testy na oceli byly v pořádku, pak lze spustit reklamační řízení na tepelné zpracování. Za určitých podmínek je povoleno jedno opravné tepelné zpracování, přičemž před jehož zařazením musí být díly opětovně vyžehány na měkko dle předpisu NADCA.

3. Praktické výsledky

V níže uvedených tabulkách (Tabulka 2) jsou uvedeny některé praktické výsledky testování pro konkrétní zákazníky. Zdroje materiálu neuvádíme. Praktické výsledky jsou dodávány dodavatelem testování ve formě protokolu se všemi potřebnými údaji, ze kterého lze provést jednoduché hodnocení výsledku s ohledem na požadavky NADCA (Obr.č. 5).

Test Certificate

Bodycote HT s.r.o.
CTP Park - Turanka 100
Brno
627 00
627 00

REF No P 312730 : Issue 1
Page 1 of 1
Ord No NOB13-0525
Date Tested 15/07/13
Date Reported 16/07/13
Date Received 10/07/13

Attn: PAN TOMES

Item - 5x CHARPY TEST, TECHNOSERVIS
PLATE NO. 2 - 41324/034, MATERIAL 1.2367

Specification - NADCA 207-2008

Charpy Test - ASTM A370 - 12a							
	Position	Dimensions [mm]	Denomination	Test Temp [°C]	Energy Absorbed [Joules]	Average [Joules]	Comments
001: Parent	N/A	10x10x2V	N/A	R/T	7	7	Nil
002: Parent	N/A	10x10x2V	N/A	R/T	8	8	Nil
003: Parent	N/A	10x10x2V	N/A	R/T	10	10	Nil
004: Parent	N/A	10x10x2V	N/A	R/T	8	8	Nil
005: Parent	N/A	10x10x2V	N/A	R/T	10	10	Nil

Obr.č. 5 - . Příklad hodnotícího protokolu

Materiál			Test vstupního materiálu					AVG	Výsledek testu
1.2367	AVG Nadca předpis	1	13,6	13,6	13,6	13,6	13,6		
	MIN Nadca předpis	1	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8		
	41324	1	5,0	6,0	11,0	11,0	10,0	8,6	NOK
			Test tepelného zpracování					AVG	
1.2367	AVG Nadca předpis	2	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8		
	MIN Nadca předpis	2	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1		
	41324/034	2	7,0	8,0	10,0	8,0	10,0	8,6	NOK
	41324/033	2	9,0	11,0	8,0	8,0	8,0	8,8	NOK

Materiál			Test vstupního materiálu					AVG	Výsledek testu
1.2343	AVG Nadca předpis	1	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0		
	MIN Nadca předpis	1	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9		
	41377	1	23,0	21,0	21,0	22,0	23,0	22,0	OK
	55009961	1	26,0	24,0	27,0	25,0	23,0	25,0	OK
			Test tepelného zpracování					AVG	
1.2343	AVG Nadca předpis	2	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9		
	MIN Nadca předpis	2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2		
	55009961	2	21,0	21,0	21,0	20,0	20,0	20,6	OK

Materiál			Test vstupního materiálu					AVG	Výsledek testu
1.2344	AVG Nadca předpis	1	13,6	13,6	13,6	13,6	13,6		
	MIN Nadca předpis	1	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8		
	55010884	1	22,0	21,0	23,0	21,0	22,0	21,8	OK
	55010124	1	17,0	15,0	19,0	16,0	15,0	16,4	OK
	55010124	1	14,0	15,0	13,0	16,0	17,0	15,0	OK
	55010124	1	8,0	11,0	12,0	11,0	10,0	10,4	NOK
	55010124	1	10,0	10,0	14,0	12,0	17,0	12,6	NOK
	55010124	1	8,0	10,0	11,0	9,0	10,0	9,6	NOK
			Test tepelného zpracování					AVG	
1.2344	AVG Nadca předpis	2	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8		
	MIN Nadca předpis	2	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1		

Tabulka č.2 - Hodnoty rázové houževnatosti v J pro vybrané materiály

4. Závěr

Z prozatím provedených testů rázové houževnatosti vyplývá, že spolehlivost dodavatelů na vstupu je hodnotitelná. Nedodržení vstupních hodnot znamená vážné ohrožení výsledné životnosti nástroje a je proto v zájmu výrobců nástrojů tyto testy důsledně provádět.

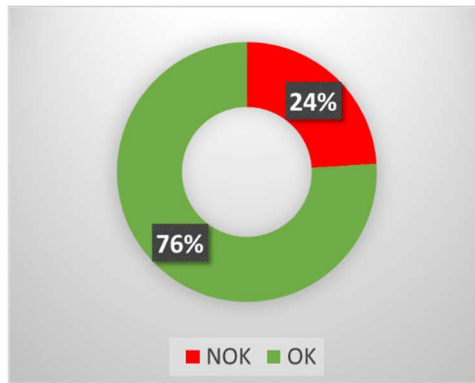
Žádným procesem výroby nebo tepelného zpracování nelze zlepšit nakupovaný stav materiálu. Proto je žádoucí kontrola právě na vstupu tak, aby byly vyloučeny další následné vady nebo dokonce i škody, s cílem odhalit a vyloučit nevyhovující materiál před dalším, často velmi náročným a nákladným zpracováním.

Z tabulek je možno konstatovat:

- Většina zákazníků testy používá především pro hodnocení vstupního materiálu
- Testy rázové houževnatosti vykazují vysokou spolehlivost v případě, že je používán jeden kvalifikovaný a schválený dodavatel
- Vypovídací schopnost testu je velice dobrá a lze významně omezit vstup nekvalitních materiálů do výroby
- V případě neúspěchu vstupního testu je jasná vina na straně dodavatele oceli, s povinností okamžité náhrady vadného materiálu bez toho, že by do toho byla vložena další práce

Z dosavadních zkušeností lze konstatovat následující :

Vstupní testy – ve více jak **24 %** případů byly výsledky vstupního testu materiálu nevyhovující s přímým dopadem na dodavatele materiálu, tedy nebyly dosaženy hodnoty rázové houževnatosti dle NADCA.



Obr.č. 5 – *Statistické hodnocení výsledků úspěšnosti vstupního testu*

Testy po tepelném zpracování – ve všech hodnocených případech byla vždy provedena vstupní kontrola materiálu dle předchozího bodu. Ve všech případech, kdy byly testy po tepelném zpracování neúspěšné, se jednalo o materiál, který nevyhověl vstupním testům. Zákazník se přesto domníval, že by vlastním procesem tepelného zpracování mohlo dojít ke zlepšení nakupovaného stavu k čemuž zcela zákonitě nedošlo.

Závěrem lze konstatovat, že postup testování dle NADCA výrazně zlepšuje kontrolu jakosti materiálu, především s ohledem na jeho výsledné mechanické vlastnosti a je velice kvalitním nástrojem na rozlišení kvality dodávek s ohledem na cílovou životnost nástroje. Uplatněním obou testů je pak umožněno v průběhu výroby nástroje oddělit odpovědnost jednotlivých subjektů za jednotlivé operace, a zlepšuje se tak výrazně i dokazovací schopnost všech subjektů v případných sporech.

Na základě vlastních zkušeností autorů je již prokázáno, že v případě, že nebyly provedeny vstupní testy materiálu, nelze věrohodně a úspěšně uplatnit náhradu škody na dodavateli tepelného zpracování **pro důkazní nouzi**.

Zdroje:

NADCA 207-2008

Interní dokumentace Bodycote HT, s.r.o.