

NADCA 207-2016 JAKO NÁVOD PRO SYSTÉM ŘÍZENÍ JAKOSTI TEPELNÉHO ZPRACOVÁNÍ OCELÍ PRO PRÁCI ZA TEPLA

NADCA 207-2016 AS MANUAL FOR HEAT TREATMENT OF HOT WORK STEELS

Jiří Stanislav

JST Consultancy, Elišky Krásnohorské 965, 46014 Liberec 14, stanislav.jirka@gmail.com

ABSTRAKT

Nadca 207-2016 je dokument vypracovaný severoamerickou asociací pro tlakové lití a stanovuje akceptační kritéria pro nákup oceli, pro tepelné zpracování a pro navařování. Samotný dokument velmi detailně popisuje postupy pro výše uvedené oblasti, nicméně pro to, aby tento dokument byl prakticky využitelný je nutno uvést do praxe systém řízení výroby forem pro tlakové lití, který tyto postupy uvede do praktického života. A to jak pro dodavatele oceli, pro provozy tepelného zpracování, tak i pro nástrojárny a uživatele forem. V přednášce jsou uvedeny některé principy, které je nutno aplikovat tak, aby výsledek celého procesu byly nástroje s očekávanou životností.

Nadca 207-2016 is a document developed by the North American Die Casting Association and sets acceptance criteria for steel purchase, heat treatment and welding. The document itself describes in detail the procedures for the above-mentioned areas, however, in order for this document to be practically usable, it is necessary to put into practice a system for quality management of die casting tools, which will bring these processes into practical life. For steel suppliers, for heat treatment plants, for tool shops and for tools users as well. The lectures give some principles that need to be applied so that the outcome of the whole process is a tool with an expected life.

1. Úvod

Nástroje pro práci za tepla mají svoje specifika v tom, že se od nich požaduje vysoká odolnost proti vzniku trhlin z tepelné únavy. Během doby bylo zjištěno, že existuje korelace mezi tímto požadavkem a houževnatostí materiálu. Je to v podstatě logické, neboť povrch nástroje při tlakovém lití je vystaven cyklickém namáhání tah/tlak a houževnatost materiálu významně může posunout hranici použitelnosti formy pro lití bez vad. Nicméně je nutno konstatovat, že Nadca je koncipována jako metodika pro zajištění životnosti nástroje z hlediska tepelné únavy, neřeší ale problematiku vad z hlediska nevhodných tvarů, nevhodných postupů, neoborných zásahů apod.

I když nikde na objednávkách pro tepelné zpracování není parametr rázové houževnatosti uváděn, z velké části i proto, že o tomto parametru u výrobců nástrojů není žádná povědomost, žádný subjekt (dodavatel oceli, výrobce nástroje, kalírna, uživatel) se nemůže zcela vyvinut z toho, že by o tomto parametru nevěděl.

Každé tepelné zpracování musí probíhat v souladu s objednávkou odběratele. Nicméně to, že na objednávce nejsou požadovány hodnoty houževnatosti, ale jen finální tvrdost a počet popouštění neznamená, že tento parametr má být ignorován. Není sice zvykem v technické přednášce uvádět

právní terminologii, nicméně zde je nutno provést odkaz na Občanský zákoník, § 1914. Kdo plní za úplatu jinému, je zavázán plnit bez vad s vlastnostmi vymíněnými nebo obvyklými tak, aby bylo možné použít předmět plnění podle smlouvy, a jeli stranám znám, i **podle účelu smlouvy**. V tomto případě účelem smlouvy je tepelné zpracování dílu pro tlakové lití a již jen tento fakt říká, že tepelné zpracování musí proběhnout dle Nadca.

Stejný princip ale platí i pro výrobce nástroje, i pro dodavatele materiálu. Pokud si provozovatel tlakového lití objedná u nástrojárny formu pro tlakové lití, nástrojárna musí plnit dle účelu smlouvy, i když ve smlouvě toto nemusí být detailně ošetřeno. Pokud se výrobce nástroje objedná materiál u dodavatel oceli, i dodavatel oceli by měl plnit dle účelu smlouvy.

2. Co je to plnění dle účelu smlouvy ve smyslu Nadca

Pro dodavatel oceli to znamená, že musí dodat materiál, vyhovující danému požadavku,

- Materiál musí mít kontrolované chemické složení, především na obsah S a P
- Materiál musí být žíhaný na měkko, s tvrdostí max. 235 HBW
- Materiál musí být přetavovaný pod struskou nebo ve vakuu s kontrolovanou mikročistotou
- Materiál musí být kontrolován ultrazvukovou zkouškou dle ASTM A338 a E114 pro kované materiály
- Předpokládaná rázová houževnatost odvozená od testování mateřského bloku, které si provádí v rámci svého systému jakosti výrobce oceli
- Velikost zrna minimálně 7 a více dle ASTM E112 zkoumaná na zakaleném a popuštěném vzorku
- Žíhaná struktura, zkoumaná při zvětšení 500x, po leštění a naleptání v 5% NITAL, by měla odpovídat povoleným strukturám dle metalografických map Nadca
- Povolená rádkovitost materiálu by měla odpovídat metalografickým mapám Nadca

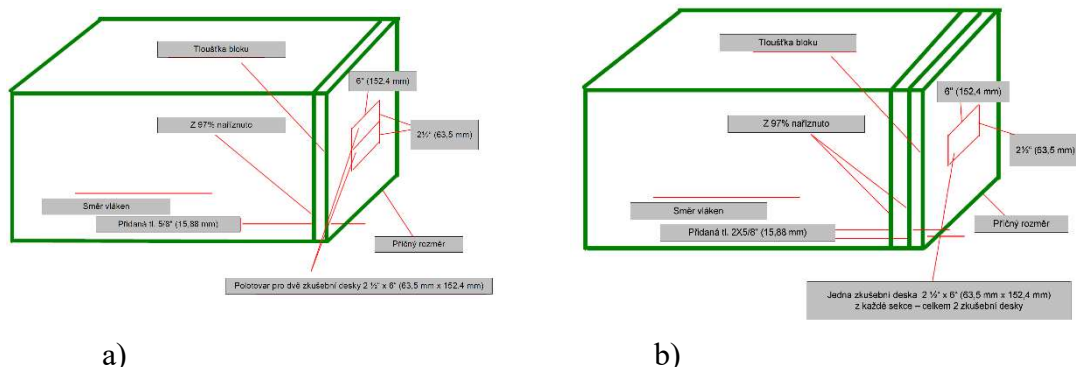
Dle ASTM A681 všechny reklamace na odchylky od očekávané jakosti musí být aplikovány do 30 dnů od dodání materiálu. Pokud některých z uvedených parametrů není splněn, odběratel má právo požadovat náhradní plnění nebo odstoupení od smlouvy a vrácení peněz. Současně ale může požadovat i náhradu škod, které z vadného plnění vyplývají. V tomto případě škodou mohou být marně vynaložené náklady nebo ušlý zisk. I když podle českého práva lze uplatňovat nároky z vadného plnění do 2 let, je nutno si uvědomit, že jakmile materiál projde procesem tepelného zpracování, tato vstupní vada bude těžko prokazatelná. Termín dle ASTM má tedy svoji významnou logiku.

Pro výrobce nástroje to znamená, že je zcela zásadní výběr oceli a jeho vstupní kontrola. Materiál pro aplikace na tlakové lití musí být vybrán ze seznamu schválených ocelí Nadca a od schváleného dodavatele.

Jelikož tepelné zpracování patří mezi zvláštní proces založené na změně stavu materiálu, pro hodnocení vad je nutno znát a mít zdokumentovaný stav výchozí a stav konečný. Není sice povinnost výrobce nástroje tento kontrolní krok vykonat, nicméně se tak vystavuje nebezpečí neprokazatelnosti vad po tepelném zpracování nebo u uživatele nástroje.

Nadca rozděluje oceli na Class 1 a Class 2. U Class 2 musí ocel splňovat všechna výše uvedená kritéria, u Class 1 je ale k tomu ještě povinný vstupní test na rázovou houževnatost výrobcem nástroje, tedy odběratelem oceli. Jeli tedy na objednávce uvedena skutečnost, že materiál má splňovat kritéria

pro Class 1, dodavatel oceli musí dodat i materiál na testovací kupony pro vstupní kontrolu a pro testy po tepelném zpracování dle níže uvedené specifikace. Materiál na testy nesmí být ale dodán odděleně od dodávaného bloku, ale musí být jeho součástí s nářezem do 97% řezu. Odběratel musí mít totiž za prokázané, že materiál na testy pochází skutečně z dodaného bloku, a ne z jiného.



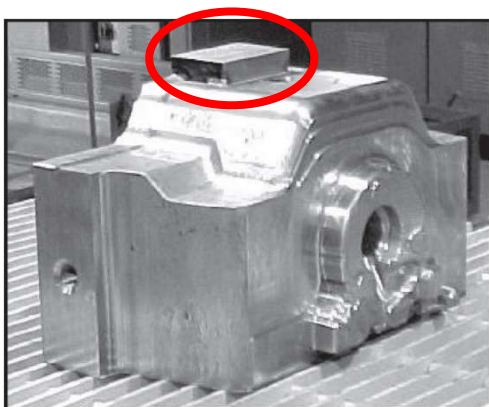
Obr.č. 1 - Stanovení přířezu materiálu pro zkoušky rázové houževnatosti před a po TZ z velkých bloků (1a) a z bloků menších jak 152x165x25 mm (1b)

I když se jedná o zdánlivě složitou operaci, ve skutečnosti nástrojárna má pouze povinnost doříznout část bloku pro testovací kupony a obrobít z této části materiálu dvě destičky o rozměrech 63,5 x 152,4 x 15,8 mm.

První testovací kupon zašle do kalírny na ideální tepelné zpracování. Toto je přesně v Nadca specifikováno a jedná se o referenční kalení do oleje a dvě popouštění. Kalírna po provedení operace zašle kupon přímo do certifikované testovací laboratoře, což v CZ je pouze Element Material Technology (dříve Exova) Plzeň. Ta, obvykle do 48 hodin, vyrobí vzorky pro rázové zkoušky a provede Charpyho test. Protokol o zkoušce zašle kalírně, resp. nástrojárně. Pokud rázové zkoušky jsou v rámci předepsaných limitů, blok může být uvolněn pro výrobu nástroje.

Pokud ne, vstupní materiál zcela prokazatelně nesplňuje požadovaná kritéria a musí být na něj uplatněn celý postup o reklamaci vad.

Druhý vzorek se připevní na vlastní díl formy pro tepelné zpracování, např. bodovým návarem – viz obrázek. Kupon projde tepelným zpracováním spolu s blokem a po ukončení procesu je oddělen a zaslán na druhý test rázové houževnatosti. Pokud jsou výsledky v přípustném rozsahu, blok se vrací do nástrojárny na dokončení.



V případě, že výsledky nejsou OK, a vstupní testy přitom byl v normě, nástrojárna uplatní řízení o vadách vůči provozu tepelného zpracování. Kalírna má jeden opravný pokus. Před jeho aplikováním se musí díl znovu vyžít na měkko na náklady kalírny. Pokud ani na druhý pokus není výsledek v povoleném limitu, zdroj tepelného zpracování musí dodat nový blok materiálu a uhradit veškeré předchozí účelně vynaložené náklady.

Obr.č. 2 – Příklad uchycení kuponu pro testování rázové houževnatosti po kalení

Pro zdroj tepelného zpracování to znamená, že musí jednak disponovat zařízením, splňujícím podmínky Nadca, jednak musí aplikovat dokumentované postupy s parametry vycházejícími z Nadca.

- Zařízení musí umožnit rychlost ochlazování min. 28 C/min a tuto prokazovat
- Zařízení musí pracovat se dvěma vsázkovými termočlánky Ts (surface) a Tc (core)
- Ohřev dílů musí být kontrolován a nesmí být překročen rozdíl teplot povrch/jádro v měřeném místě o více jak 110 C při teplotách do 650 C
- Austenitizační teplota musí přesně odpovídat předpisu Nadca
- Čas austenitizace by měl být max. 30 min po dosažení $T_s - T_c < 14$ C, nebo maximálně 90 min po dosažení $T_s = T_p$
- Ochlazování dílu by mělo být minimálně s rychlostí ochlazování 28 C/min v rozsahu mezi austenitizační teplotou a okamžikem, kdy povrch dílu Ts dosáhne 425 C +/- 28 C.
- Izotermická prodleva by měla být aktivována automaticky vždy, pokud v tomto okamžiku rozdíl teplot Ts-Tc je větší jak 90 C. Jedná se ale o doporučení a tuto podmínku lze vyloučit v závislosti na tvaru formy
- Izotermická prodleva musí být ukončena nejpozději po 30 minutách, nebo pokud $T_s < 400$ C, nebo pokud $T_c - T_s < 110$ C. Záleží na tom, která podmínka je splněna jako první
- Dále se díl ochlazuje stejnou rychlostí jako před prodlevou až do teploty 150 C a následně pak při snížené rychlosti ochlazování nebo na vzduchu až do 50 C
- Pokud má být provedeno překalení, musí mu předcházet žihání na měkko.

3. Systém řízení jakosti v podmínkách zdroje pro tepelné zpracování

I když vakuové tepelné zpracování, vyjma LPC, není doposud obsaženo v CQI-9, lze se v některých bodech na tento standard odkázat. Systém jakosti musí požadavky Nadca vzít v úvahu v následujících kapitolách:

Sekce 1 – Management responsibility and Quality planning

- Provoz musí mít kvalifikovanou osobu, proškolenou na Nadca, s minimálně 5 let zkušenostmi v práci s tímto typem zpracování (CQI-9, bod 1.1)
- Provoz musí mít dostatečně sofistikovaný příjem umožňující rozlišit účel použití nástroje pro různé aplikace tak, aby dílům podle pro tlakové lití byl schopen přiřadit postupy dle Nadca (CQI-9, bod 1.2)
- Příjem musí mít dostatečně kvalifikované postupy na způsob dotazování směrem k zákazníkovi tak, aby byl rozpoznán účel dílu, jeho historie, požadavky na testy dle Nadca, historii dílu z hlediska předchozích operací jako je navařování, žihací procesy atd. tak, aby mohl dílo provést s řádnou péčí dle §2590 OZ (CQI-9, bod 1.2)
- Příjem musí mít přesně specifikovány postupy, kdy lze díl přijmout, kdy lze díly přijmout s výhradami, a kdy je nutno díly pro zpracování odmítnout (CQI-9, bod 1.2)
- Provoz sice nemusí mít FMEA (Failure mode and Effects analysis) na každá díly dle Nadca, nicméně jeho postupy od příjmu až po dodání musí zahrnovat analýzu rizik (CQI-9, bod 1.3)
- Každý díl musí mít výrobní dokumentaci, zahrnující jak požadavky zákazníka, tak i parametry Nadca, a specifikaci postupů TZ. Tyto postupy musí být písemně nebo elektronicky registrované a dokumentované jak z hlediska požadovaných kroků, tak i z hlediska z toho, jak ve skutečnosti byly kroky vykonány a jaké byly odchylky od požadavku (CQI-9, bod 1.4)

- Provoz musí mít přiřazené standardy k jednotlivým postupům a musí tyto standardy udržovat v aktuálních verzích (CQI-9, bod 1.5)
- Pro každou operaci musí být písemný záznam o plánovaných hodnotách a písemný záznam o skutečných hodnotách, včetně registrace odchylek (CQI-9, bod 1.6)
- Každá výrobní objednávka by měl mít test proveditelnosti a o tomto testu by měl být záznam v ERP systému (CQI-9, bod 1.7)
- Každý proces by měl mít záznam o průběhu veličin, a data z těchto záznamů by měla být zaznamenávána, archivována a analyzována (CQI-9, bod 1.8)
- Provoz by měl mít detailní záznamy o neshodách, odchylkách a každých 24 hodin by měl tyto vady analyzovat s následnými nápravnými opatřeními (CQI-9, bod 1.9)
- Provoz TZ by měl mít systém interních auditů a sebehodnocení (CQI-9, bod 1.10)
- Provoz by měl registrovat, kontrolovat a analyzovat všechna přepracování týkající dílů zákazníka (CQI-9, bod 1.11)
- Systém jakosti provozu TZ by měl mít schopen registrovat, analyzovat a provádět nápravná opatření na všechny připomínky zákazníka (CQI-9, bod 1.12)
- Provoz TZ by měl mít systém trvalého zlepšování na základě přechozích bodů (CQI-9, bod 1.13)
- Provoz TZ by měl mít systém registrování, označování a uskladnění neshod s kompletní jejich sledovatelností (CQI-9, bod 1.14). Systém musí prokázat, že pouze oprávněné osoby mají možnost s takovými díly nakládat
- Všechny postupy pro tepelné zpracování musí být písemně dokumentovány včetně registrace všech změnových řízení. Je nutno zajistit průkaznost provádění operací TZ z hlediska historie a návazné platnosti všech dokumentů s ní související (CQI-9, bod 1.15)
- Všichni zaměstnanci by měli být periodicky školeni a o jejich školení by měly být patřičné záznamy (CQI-9, bod 1.16)
- Provoz musí mít matici oprávnění, specifikující to, že každý proces a každá operace je vykonávána pouze oprávněnými osobami (CQI-9, bod 1.17)
- Provoz TZ musí zajistit systém preventivní údržby, a validace pecí a zařízení musí odpovídat požadavkům na spolehlivost zařízení a veličin (CQI-9, bod 1.18)
- V případě, že v procesu je zpracovááno více druhů materiálů, je nutno zajistit dokumentaci tohoto stavu, a prokázat, že pokud tento stav je aplikován, je zajištěno, že teploty austenitizace, ochlazování, popouštění a další parametry jsou odpovídající každému materiálu individuálně (CQI-9, bod 1.20)

Pokud vše výše uvedené zjednodušíme, provoz tepelného zpracování musí plnit dle účelu smlouvy. Tepelné zpracování musí probíhat dle podmínek obvyklých, tedy v tomto případě dle podmínek obvyklých pro Nadca. Co to znamená v systému řízení jakosti?

Přijetí zakázky – kalírna musí mít řádně zpracované instrukce pro přijetí zakázky a pro způsob dotazování o účelu použití. Musí být stanoveny postupy pro přezkoumání smlouvy a o tomto postupu musí být proveden záznam. Registrací objednávky kalírna bere na vědomí, že přijímá všechny podmínky objednatele. V případě že tyto podmínky jsou v rozporu s účelem plnění, musí být záznam o povolení odchylek, odmítnutí zpracování, potvrzení výrobce nástrojů se souhlasem rizik apod. Součástí procedury přijetí musí být i stanovení ceny tak, aby mohla být naplněna ustanovení OZ o Smlouvě od dílo

Výrobní objednávka – ke každé zakázce musí být připojen technologický postup s jednotlivými operacemi. Tyto operace musí mít definované parametry dle Nadca, nebo odkazy na ně (např. Program č. 1, Pec č. X). V takovém případě ale Programy pecí musí být řízené dokumenty včetně evidence změn a platnosti. Na výrobní objednávce musí být uvedeny i všechny požadavky zákazníka

nebo standardy, podle kterých je nutno operace vykonat. Musí být i evidence o platnosti těchto standardů tak, aby bylo prokazatelné, kdy a podle kterého standardu byla operace nebo činnost vykonána

Proces výroby – musí být zajištěna evidence všech operací a procesů tak, aby bylo možno porovnat hodnoty požadované dle Nadca a hodnoty skutečné. O jednotlivých procesech musí být záznam a tento záznam musí být jednoznačně přiřaditelný k dílu pro zpracování, zařízení nebo člověku, který operaci provedl. Ve výrobním procesu musí být zajištěna informace o uložení dílu ve vsázce nebo o uložení vsázkových termočlánků. Kalírna není podle Nadca povinna poskytovat záznamy z procesu, ty ale musí být k dispozici pro případné řízení o vadách. Kalírna je povinna poskytnout protokol o zpracování dle Nadca, který obsahuje výčet parametrů, nutných pro správnou dokladovost procesu.

Objednávka kontroly jakosti – kalírna musí mít propracované směrnice na způsob měření a atestování dílů pro Nadca, jak mezioperačně, tak i pro výstupní kontrolu. V případě, že součástí atestace je i rázová houževnatost, musí být zajištěna plná sledovatelnost kupónů pro rázové zkoušky, včetně objednávky na externí testování a záznamů o výsledných hodnotách. Ty musí být plně přiřaditelné k dílu formy. V případě reklamace a případného přepracování, musí být plná sledovatelnost procesu přepracování včetně identifikace nových výsledků

Dodání předmětu objednávky – zpětné dodání dílů zpracovaných dle Nadca je možné jen za podmínek splnění parametrů Nadca. Je nutno rozlišovat dodání pro materiály a zpracování Class 1 a Class 2. Průvodní dokumentace k dodávce musí obsahovat údaje, zajišťující zpětnou sledovatelnost dílu a současně vyjádření dodavatel TZ, že všechny podmínky byly splněny. Zasílání záznamu o procesních veličinách ve formě diagramů není vyžadováno a není ani podmínkou pro dodání. Je pouze na provozu tepelného zpracování, jak záznamy archivuje a jak je lze zpětně dohledat v případě reklamací. Nicméně Nadca vyžaduje protokol, který je souhrnem požadovaných a skutečných veličin. Certifikát o shodě musí obsahovat následujících 20 parametrů:

- A. Heat Treat Source
- B. Item Identification
- C. Heat Treatment Quality Class (1 or 2)
- D. NADCA Steel Grade & Category
- E. Material Heat Number
- F. Shipping Weight
- G. Shipping Hardness
- H. Pre-Heat: Step 1 Temperature & Time
- I. Pre-Heat: Step 2 Temperature & Time
- J. Pre-Heat: Step 3 Temperature & Time
- K. Hardening: Temperature & Soak Time
- L. Quench Rate
- M. Quench Pressure
- N. Interrupt: Temperature & Hold Time
- O. 1ST Temper: Temperature, Soak Time, Hardness
- P. 2ND Temper: Temperature, Soak Time, Hardness
- Q. 3RD Temper: Temperature, Soak Time, Hardness
- R. Final Hardness
- S. Hardened Microstructure*
- T. Hardened Impact Toughness*

Required for Heat Treatment Quality Class 1 and shall include three individual results and average results.

* Test results can be provided by a heat treater or testing facility.

4. Závěr

Nadca je obecný, nezávazný předpis, resp. návod pro maximalizaci výsledných mechanických vlastností materiálu pro aplikaci na díly forem pro tlakového lití, s cílem minimalizovat chyby u dodavatele oceli, výrobce nástroje nebo zdroje tepelného zpracování. Pokud ale tento návod má být funkční, musí být plně implementován do systému řízení jakosti. Jak jsou ovlivněny jednotlivé kapitoly systému řízení jakosti v provozu tepelného zpracování je uvedeno výše. Nicméně stejný princip je potřeba uplatnit i u dodavatel oceli nebo u výrobce nástroje. V tomto se lze odkázat i na vnitřní podnikové normy, které na Nadca navazují. Např. Ford AMTD-DC2010, revize I, nebo GM Powertrain Group, DC-9999-1, rev. 18. Ty navíc ještě obsahují procedury pro schvalování dodavatelů oceli, dodavatele tepelného zpracování, a současně řeší i odpovědnost za vady a škody z nich vyplývající. Možná se to zdá malicherné, ale není výjimkou, že škody v tomto procesu vzniklé dosahují významných částek, a je tedy dobré být připraven.

[1] NADCA 2017-2016

[2] CQI-9, 3rd edition, Heat Tret System Assesment