

## Oceli k nitridování podle normy ČSN EN 10085 – technické dodací podmínky a uživatelský komentář

### Předmět normy

Stanovuje TDP pro následující výrobky tvářené za tepla:

předvalky (bloky, bramy, sochory), tyče, dráty, širokou ocel, plechy a pásy, volné a zápusťkové výkovky z legovaných ocelí k nitridování.

### Použití ocelí uvedených v normě

Oceli jsou převážně určeny k výrobě zušlechťených, obvyklým způsobem obrobených a následně nitridovaných strojních součástí a součástí dopravních prostředků.

V průběhu nitridování (sycení povrchové vrstvy dusíkem), se nemění vlastnosti podpovrchové a středové části nitridovaného dílu. Výchozím stavem pro nitridování je stav zušlechťený. Pro zušlechťování nitridačních ocelí platí stejné zásady jako pro oceli k zušlechťování.

### Klasifikace ocelí

**Podle chemického složení:**

- oceli chrom-molybdenové a chrom-molybdenové legované navíc hliníkem případně vanadem;
- oceli chrom-nikl-molybdenové případně dále legované hliníkem.

**Podle pevnosti v zušlechťeném stavu** v závislosti na směrodatném průřezu (u kruhových profilů se jedná o průměr).

### Způsob výroby ocelí

Způsob výroby volí výrobce, tak aby byly splněny požadavky uplatňované na ušlechtilou ocel.

K nim patří: nízké resp. omezené obsahy prvků s negativním účinkem na vlastnosti (P,S,H<sub>2</sub>,Sn), vyhovující makro- a mikročistota a optimální struktura.

### Způsob dodávání

Pokud není při objednávání dohodnuto jinak, jsou výrobky dodávány ve stavu tepelně nezpracovaném, žíhaném nebo zušlechťeném.

- žíháno na měkko (+A),

- zušlechťeno (+QT)

- ostatní (na př. zušlechťeno a žíháno na odstranění prnutí).

Po dohodě lze objednat i zvláštní provedení povrchu výrobku:

po tvářením za tepla mořeno, tryskáno nebo s povrchem opracovaným.

### Vlastnosti charakterizující značku oceli

**Chemické složení:** se vztahuje na chemický rozbor tavby. Pro složení hotového výrobku jsou stanoveny dovolené odchylky od rozboru tavby.

**Mechanické vlastnosti:** norma uvádí hodnoty tvrdosti podle Brinella pro stav žíhaný na měkko. Pro stav zušlechťený uvádí norma hodnoty pevnosti v tahu (R<sub>m</sub>), mez kluzu (Re popř. Rp<sub>0,2</sub>), tažnost (A) a nárazovou práci (KV) pro zkušební tělesa s V-vrubem.

Informativně se uvádí i dosažitelná tvrdost nitridované vrstvy.

Mechanické hodnoty v zušlechťeném stavu platí pro směrodatný průměr a zkušební tělesa odebraná z výrobku v místech předepsaných normou.

### Technologické vlastnosti

**Obrobitelnost:**

všechny oceli uvedené v EN 10085 jsou obrobitelné ve stavu žíhaném na měkko. Díly zušlechťené na nižší hladiny pevnosti lze obrábět i ve stavu zušlechťeném.

**Stříhatelnost** předvalků a tyčí:

za vhodných podmínek (při zamezení vzniku koncentrace napětí, použití nožů přizpůsobených stříhanému profilu), jsou všechny oceli stříhatelné s pevností do 750 MPa. Stříhání materiálu o vyšší pevnosti a větších průřezů lze usnadnit předehřevem.

**Tvářitelnost za studena:**

pro tvářením za studena se používají oceli ve stavu sferoidizačně žíhaném s maximálně možným podílem globulárního cementitu ve struktuře oceli.

**Vlastnosti po tepelném zpracování:**

norma obsahuje doporučené teploty a podmínky pro tepelné zpracování dílů, zhotovených z jednotlivých značek ocelí. Vlastností, uvedených v normě, se dosahuje zpracováním uvedeným v normě technických dodacích předpisů (TDP).

### Struktura

**Velikost zrna:** pokud není dohodnuto jinak, musí ocel při zkoušení jedním ze způsobů, které uvádí EN ISO 643 (referenční zpracování), vykazovat velikost austenitického zrna 5 nebo jemnější.

**Čistota oceli** (mikročistota):

ocel musí vykazovat stupeň čistoty odpovídající jakosti ušlechtilé oceli. Stanovení rozsahu znečištění nekovovými vměstky lze provádět např. podle EN 10247 nebo podle národní normy DIN 50602. Přípustné hranice obsahu nekovových vměstků norma neuvádí a musí být s výrobcem dohodnuty.

**Obsah feritu:**

S výrobcem lze dohodnout nejvýše přípustný obsah feritu ve struktuře středové části výrobku.

### Vnitřní jakost

Při objednávání mohou být dohodnuty požadavky na vnitřní jakost výrobku. Výrobce v tomto případě musí prokazovat, že vnitřní vady (necelistvosti, makroskopické vměstky, vycezeniny a jiné vady struktury) ve výrobku nepřesahují dohodnutou mez. Současně je třeba při objednávání dohodnout způsob a metodiku zkoušení (na př. zkoušku ultrazvukem), nejlépe odkazem na příslušnou normu.

## Jakost povrchu a oduhličení

Všechny výrobky musí mít hladký povrch odpovídající použitému způsobu tváření. Požadavky na povrch výrobků určených k dalšímu zpracování např. tažením, tvářením za tepla apod., je třeba dohodnout.

Požadavky na jakost povrchu je možno specifikovat odkazem na evropské nebo národní normy.

EN ISO 9443 uvádí třídy jakosti povrchu tyčí a drátů válcovaných za tepla. Podle této normy lze vymezit přípustnou hloubku povrchových vad. Pro jakost povrchu plechů platí EN 10163-2.

EN ISO 3887 platí pro stanovení hloubky oduhličení mikroskopickým hodnocením (metalograficky). Dovolenu hloubku oduhličení nutno dohodnout.

## Rozměry, úchytky rozměrů, tvaru a polohy

Úchytky od jmenovitých rozměrů a úchytky tvaru a polohy výrobků je nutno dohodnout při objednávání, pokud možno podle příslušných rozměrových norem.

## Dodávání

Výrobky musí být dodávány odděleně podle taveb.

## Zkoušení a shoda výrobku s požadavky

Výrobky podle této normy je nutno objednávat s jedním z dokumentů kontroly podle EN 10204.

Druh dokumentu je třeba dohodnout. Pokud objednávka neobsahuje konkrétní požadavek, vystaví se zkušební zpráva podle

EN 10204-2.2 na základě nespécifikované kontroly.

**Zkušební zpráva** podle EN 10204-2.2 na základě nespécifikované kontroly musí obsahovat tyto údaje:

- potvrzení, že materiál odpovídá požadavkům objednávky,
- výsledky rozboru tavby pro všechny prvky, které jsou předepsány pro příslušnou značku oceli,
- skutečně použitou teplotu popouštění ocelí dodaných ve stavu zušlechťeném.

**Inspekční certifikát** 3.1 nebo 3.2 podle EN 10204 vyžaduje specifikovaný způsob zkoušení a musí obsahovat:

výsledky specifikovaných zkoušek a dále:

výsledky rozboru tavby (viz výše), skutečně použitou teplotu popouštění pro výrobky dodané ve stavu zušlechťeném a výsledky zkoušek volitelných požadavků (mechanické vlastnosti zjišťované na referenčních vzorcích v zušlechťeném stavu pro výrobky dodávané v jiném než zušlechťeném stavu, obsah nekovových vměstků, nedestruktivní zkoušení, chemickou analýzu hotového výrobku).

Specifikovaný způsob zkoušení:

- zkoušení tvrdosti a mechanických hodnot pro odpovídající stav tepelného zpracování,
- stanovení velikosti austenitického zrna,
- kontrola rozměrů, tvaru a polohy.

Dokument kontroly musí též obsahovat označení (číselné nebo jinými symboly), která dovolují vzájemné přiřazení dokumentu kontroly, zkušebních vzorků resp. těles a zkoušených výrobků.

## Údaje na výrobcích

Výrobce musí značit výrobky nebo svazky (balíky) takovým způsobem, aby bylo možné určit tavbu, druh oceli a původ dodávky. Způsob značení je třeba dohodnout.

## Mechanické vlastnosti a prokalitelnost

Hodnoty tvrdosti ve stavu měkce žíhaném nesmí pro všechny oceli uvedené v normě překročit u dodávaného materiálu hodnotu HB 248. Omezující kritérium tvrdosti měkce žíhaného materiálu souvisí s požadavkem na obrobitelnost.

Mechanické vlastnosti ve stavu zušlechťeném se vztahují na tak zvaný směrodatný průměr. Podobně jako u ocelí k zušlechťování platí v normě uvedené hodnoty pro jednotlivé rozměrové skupiny (na př. 16-40 mm atd.). Pro docílení optimálních mechanických vlastností po zušlechťení je třeba dodržet zásady popsané v části: oceli k zušlechťování (viz uživatelský komentář k normě EN ISO 683-1 nebo EN ISO 683-2). O úrovni docilovaných hodnot rozhoduje při správně provedeném kalení a popouštění, chemické složení a prokalitelnost oceli.

Vlastnosti oceli pod nitrídanou vrstvou, tj. především dostatečná pevnost zabezpečují, aby působením tlakového namáhání nitrídaného dílu nedocházelo k promáčknutí nebo v krajním případě k oddělení nitrídané vrstvy od základního materiálu. Pevnost a houževnatost jádra souvisí s hloubkou prokalení a podílem martenzitu ve struktuře po kalení. Docílená pevnost a houževnatost musí být v souladu se způsobem namáhání nitrídaného dílu a odpovídat výpočtovým hodnotám meze pevnosti a meze kluzu. Zvolená značka oceli musí vykazovat i dostatečnou odolnost proti popouštění při teplotách, při kterých probíhá proces nitrídací. To znamená, že pevnost po zušlechťení musí zůstat zachována i po provedené nitrídací. Sklonu ke křehnutí oceli při teplotách kolem 500o C (teplota nitrídací v plynné fázi), brání přítomnost Mo v oceli.

Mechanické hodnoty zjišťované na referenčních vzorcích ve stavu zušlechťeném:

Při dodávkách v jiném než zušlechťeném stavu, se požadavky na mechanické vlastnosti prokazují na referenčních vzorcích. Pokud není dohodnuto jinak musí zušlechťený zkušební vzorek odpovídat průřezu dodávaného výrobku. Zkušební vzorek se zušlechťí za podmínky, které jsou uvedeny v normě nebo podle podmínek dohodnutých s odběratelem. Podmínky (teplota kalení a teplota a doba popouštění) se uvedou v atestu. Pokud není dohodnuto jinak, odbírají se zkušební tělesa v souladu s normou.

## Pásky prokalitelnosti

Hodnoty prokalitelnosti ocelí k nitrídaní norma EN 10085 neuvádí. Z podkladů výrobců lze však tyto hodnoty získat. Pro informaci jsou hodnoty prokalitelnosti a pásky prokalitelnosti pro vybrané značky ocelí, které jsou součástí této příručky, uvedeny v přehledu vlastností těchto ocelí. Způsob, jakým se získávají křivky a pásky prokalitelnosti je uveden v uživatelském komentáři k normám EN ISO 683-2 a EN ISO 683-3 (oceli k zušlechťování a k cementování).

## Velikost zrna

Norma EN 10085 předepisuje (není-li dohodnuto jinak) velikost austenitického zrna 5 a jemnější. Vyžaduje se tedy ocel jemnozrná. Velikost zrna použité oceli ovlivňuje jak vlastnosti nitrídané vrstvy, tak i vlastnosti základního materiálu po zušlechťení. Zjišťováním předepsané hodnoty velikosti zrna se prokazuje, že při výrobě příslušné tavby se dbalo na přítomnost prvků bránících růstu zrna při teplotách ohřevu ke kalení.

## Oduhličení

Hutní polotovary, pokud je dodáván ve stavu po tváření za tepla, má povrch částečně oduhličen. Oduhličená vrstva negativně ovlivňuje vlastnosti nitrídané vrstvy. Nitrídat by se proto měly vždy jen již opracované strojní díly. To platí i v případech, kdy se provádí zušlechťování výrobku před nitrídací.

## Mikročistota (stanovení obsahu nekovových vměstků) a makročistota

Nekovové vměstky jsou zplodinami chemických reakcí, které provázejí technologické pochody při výrobě oceli. Ocel prostá vměstků neexistuje. Vměstky jsou mikroskopické částice, zjišťované na výrobcích pod optickým mikroskopem při mnohonásobném zvětšení (100x).

Na rozdíl od těchto vměstků mohou se v oceli vyskytovat i vměstky makroskopické, většinou jako důsledek porušení technologické kázně. Ty lze spatřit i pouhým okem nebo lupou. Případná kontrola na přítomnost makroskopických vměstků a jiných makroskopických vad je předmětem zjišťování makročistoty.

Stupeň znečištění mikroskopickými vměstkami se hodnotí stanovením mikročistoty. Vměstky jsou chemické sloučeniny různého složení. Stanovení mikročistoty se proto zaměřuje na přítomnost sulfidů, oxidů, silikátů, nitrídů po př. hlinitanů.

Metodika stanovení mikročistoty je normována. Stupeň znečištění se zjišťuje buď porovnáním vzorku připraveného v metalografické laboratoři s obrázkovými etalony nebo kvantitativně plochou, kterou vměstky v hodnocené ploše vzorku zaujmají.

Přípustný stupeň znečištění norma EN 10085 neuvádí. V zásadě se lze však řídit hodnotami, které jsou uvedeny v normě EN ISO 683 pro oceli k zušlechťování nebo požadavkem odběratele.

Překročení přípustného obsahu nekovových vměstků může mít negativní vliv na vlastnosti oceli, přičemž působení jednotlivých typů vměstků se může lišit podle druhu oceli a způsobu namáhání strojní součástí.

## Zkouška ultrazvukem

Zkouška ultrazvukem (UZK) je jedním z nedestruktivních způsobů zkoušení, kterým se zjišťuje přítomnost vnitřních vad ocelových výrobků. Může se jednat o necelistvosti, makroskopické vměstky nebo vady struktury (nehomogenity). Přístroj generuje ultrazvuk, který se pomocí sondy vyzářuje do tělesa výrobku směrem od povrchu. Narazí-li svazek vln na překážku (vadu) uvnitř materiálu, odrazí se zpět a přístroj odražené vlnění zaznamená. Normy pro zkoušky ultrazvukem udávají jak způsob zkoušení, tak kriteria pro velikost a četnost přípustných indikací.

Velikost vady, kterou zjistí přístroj, nemusí odpovídat velikosti skutečné vady v materiálu. Závisí totiž na tom, jak je vada umístěna a pod jakým úhlem na ní svazek vlnění dopadá. Skutečný stav lze zjistit pouze na řezu v místě indikace.

Při objednání UZK je vždy třeba dohodnout přípustný rozsah a četnost indikací a způsob provedení zkoušky, nejlépe odkazem na příslušnou normu.

## Zjišťování povrchových vad

Povrch tvářeného výrobku není nikdy dokonalý. Na povrchu se mohou vyskytovat necelistvosti (i charakteru trhlin), které jsou na závadu dalšímu zpracování a mohou být přeneseny i na hotový výrobek. Přípustnou hloubku vad určuje uživatel podle zamýšleného způsobu zpracování (obrábění, tváření za tepla, tváření za studena) a podle požadavků na hotový výrobek. Odstraňování povrchových vad (místním vybrušováním nebo vysekáváním) je přípustné pouze se souhlasem odběratele.

Výrobci kontrolují materiál většinou na zařízeních, která jsou zpravidla začleněna v systému závěrečné kontroly materiálu (defektoskopické linky). Zjišťování vad se děje nejčastěji na principu vířivých proudů. Součástí defektoskopických linek bývají i přístroje k provádění UZK. Používají se i jiné metody, např. magnetoskopická. Výrobek se zmagnetuje a polévá kapalinou obsahující feromagnetické částice. Ty se v místě vady nakumulují a zviditelní vadu. Další metodou je kapilární (barevná) defektoskopie. Pomocí barevných kapalin, které se vsakují v místě vady a zvýrazňují na bílém podkladě, se indikuje vada. Posledně jmenované metody se však hodí spíše pro mechanicky opracované strojní díly (výkovky ev. ohrubky).

Odběratel stanovuje přípustnou hloubku vad odkazem na normu (na př. EN ISO 9443), nebo uvede specifický požadavek. U tyčí a polotovarů ke kování se obvykle požaduje hloubka vad max. 0,3 mm. Pro nejnáročnější případy, např. objemové tváření za studena, se dodává materiál opracovaný (loupáný).

## Tepelné zpracování

Vedle tepelného zpracování, které provádí výrobce, norma popisuje doporučené podmínky pro tepelné zpracování výrobků před nitrídaním (zušlechťování a žíhání na odstranění pnutí).

Doporučené podmínky pro tepelné zpracování se týkají i referenčních vzorků pro prokazování mechanických vlastností po zušlechťování, je-li materiál dodáván ve stavu tepelně nezpracovaném nebo žíhaném.

## Nitrídaní

Nitrídaním se rozumí sycení povrchu nitrídaného dílu dusíkem. Zdrojem dusíku je plynný amoniak, který za podmínek nitrídací, tj. při teplotách kolem 500°C, disociuje a uvolněný dusík difunduje do oceli. Dusík s Cr, Mo, V a Al vytváří velmi tvrdé nitrídy. Starší technologie používaly jako zdroj dusíku kyanidové lázně.

Tento způsob nitrídací se pro obtížnou likvidaci jedovatých kyanidů již prakticky neuvádí. Rychlost pronikání dusíku do oceli (difúze) je poměrně malá. Pro vytvoření vrstvy o hloubce ca 0,3 mm je třeba doby asi 20 h. Proces nitrídací se podařilo urychlit zavedením tak zvané iontové nitrídací, založené na ostřelování povrchu nitrídaného dílu ionty dusíku. Ionty dusíku vznikající ve zředěné atmosféře čistého dusíku doutnavým výbojem, jsou urychlovány směrem k povrchu nitrídaného dílu stejnosměrným elektrickým polem o vysokém napětí. Nitrídaný díl zde tvoří jednu z elektrod. Zařízení pro iontovou nitrídací umožňuje nitrídat i rozměrné strojní díly.

Tvrdost nitrídané vrstvy závisí na chemickém složení oceli. Nejtvrdší povrchovou tvrdost mají oceli legované Al (ca 950 až 1000 HV). Tvrdá nitrídaná vrstva je málo houževnatá zato otěruvzdorná a odolná proti únavě při cyklickém namáhání. Zvyšuje též odolnost proti korozi.

Oceli chrom-molybden-vanadové se vyznačují velkou prokalitelností, a odolností proti popouštění. Lze u nich proto docílit vysoké pevnosti v jádře i u větších průřezů. Na rozdíl od cementace se po nitrídaní již neprovádí tepelné zpracování.

**Nejčastěji používané značky ocelí k nitridování**

EN 10085	Číselné označení	DIN 17 211	ČSN
31CrMo 12	1.8515	31CrMo12	
32CrAlMo7-10	1.8505		
31CrMoV9	1.8519	31CrMoV9	15330
41CrAlMo7-10	1.8509		
40CrMoV13-9	1.8523		
34CrAlNi7-10	1.8550	34CrAlNi7	
34CrAlMo5-10	1.8507	34CrAlMo5	15340