

Pružinová ocel pro zušlechtěné pružiny podle ČSN EN 10089

Technické dodací podmínky

Předmět normy

Stanovuje TDP pro následující výrobky tvářené za tepla:

Tyče kruhové a ploché, pružinovou ocel s perem a drážkou a válcovaný drát z ocelí určených pro výrobu za tepla nebo za studena tvářených a následně tepelně zpracovaných pružin.

Použití ocelí uvedených v normě

Oceli jsou určeny k výrobě listových-, spirálových-, kuželových-, šroubových-, a talířových pružin a ostatních pružících elementů, jejichž užité vlastnosti se docílují zušlechtováním tj. kalením a popouštěním. Pružinové oceli mají schopnost elastické deformace. Na jejím základě mohou být v určitých mezích zatěžovány, aniž po odlehčení dojde k trvalé změně tvaru. Těto vlastnosti se docílují vyššími obsahy uhlíku, přísad (Si, Mn, Cr, Mo a V) a tepelným zpracováním.

Klasifikace ocelí

Podle EN 10020 se jedná o legované ušlechtilé oceli

Podle chemického složení:

- oceli křemíkové
- oceli křemík-chromové
- oceli křemík-chrom-vanadové
- oceli křemík-chrom-molybdenové
- oceli chrom-molybden-vanadové
- oceli chromo-molybdenové

Podle prokalitelnosti:

Prokalitelnost určuje hloubku zakalené vrstvy v závislosti a chemickém složení a podmínkách při kalení (např. rychlosti ochlazení). Pokud není dohodnuto jinak, platí předepsaná prokalitelnost (označení +H). Lze však dohodnout zvláštní požadavky na prokalitelnost (označení +CH nebo +HH)

Způsob výroby ocelí

Způsob výroby volí výrobce s důrazem na charakteristické požadavky uplatňované na výrobky určené pro zhotovování pružin.

K nim patří: nízké resp. omezené obsahy prvků s negativním účinkem na vlastnosti (P,S,H,Sn), vyhovující makro- a mikročistota a optimální struktura. Pro výrobu pružin vystupuje do popředí jakost povrchu a minimální hloubka oduhličené vrstvy hutních výrobků. Pro výrobu velmi namáhaných pružin výrobci doporučují používat ocel s opracovaným povrchem.

Způsob dodávání

Pokud není při objednávání dohodnuto jinak, jsou výrobky dodávány ve stavu tepelně nezpracovaném (+AR).

Po dohodě se výrobky dodávají v jednom ze zvláštních způsobů tepelného zpracování:

- zpracováno na stříhatelnost (+S)
- žíháno na měkko (+A)
- žíháno na globulární karbidy (+AC) – nejnižší tvrdost – vhodné např. pro tvářeni za studena

Po dohodě lze objednat i zvláštní provedení povrchu výrobku:

- válcováno za tepla a mořeno (+AR + PI),
- válcováno za tepla a tryskáno (AR + BC),
- válcováno za tepla a opracováno

Vlastnosti charakterizující značku oceli

Chemické složení: se vztahuje na chemický rozbor tavby. Pro chemické složení hotového výrobku jsou stanoveny dovolené odchylky od rozboru tavby. Prokalitelnost: norma uvádí horní a spodní hranice křivek prokalitelnosti sestavených z výsledků čelních zkoušek podle Jominiho pro statisticky významný počet taveb (pás prokalitelnosti). Namísto prokalitelnosti je možno udávat mezní rozměr pro dosažení minimální tvrdosti v jádře po zakalení. Hodnota tvrdosti a příslušný mezní rozměr jsou uvedeny v této normě.

Příklad: pro ocel značky 61SiCr7 je tvrdost pro 80 % martenzitu v jádře 54 HRC a pro 90 % martenzitu 57 HRC. Těmto hodnotám odpovídá vzdálenost od kaleného čela zkoušky prokalitelnosti 7 resp. 5 mm a největším kruhovým průměrem při kalení do oleje 16 resp. 10 mm při výše uvedeném obsahu martenzitu. U značky 52CrMoV4 jsou obdobné hodnoty 50 a 54 HRC v jádře při odpovídající vzdálenosti od čela zkoušky prokalitelnosti 15 resp. 8 mm a největším kruhovým průměrem při kalení do oleje 28 resp. 13 mm. Ocel 52CrMoV4 má větší prokalitelnost než ocel 61SiCr7.

Mechanické vlastnosti: norma uvádí maximální dovolenou tvrdost podle Brinella pro stav zpracováno na stříhatelnost, žíháno na měkko a žíháno na globulární cementit. Někteří výrobci poskytují i mechanické hodnoty stanovené na referenčních vzorcích po zušlechtění. Tyto hodnoty norma ČSN EN 10089 neuvádí.

Technologické vlastnosti

Obrobitelnost:

všechny oceli uvedené v EN 10089 jsou obrobitelné ve stavu žíhaném na měkko.

Stříhatelnost předvážek a tyčí :

za vhodných podmínek (použití nůžek odpovídající výkonnosti a nožů přizpůsobených stříhanému profilu), jsou všechny oceli stříhatelné s pevností do 280 HB. Stříhání výrobků s vyšší pevností a větších průřezů lze usnadnit předeřevem.

Tvářitelnost za studena:

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

Mechanické vlastnosti po tepelném zpracování (zušlechtění): lze přibližně předpovědět na základě mechanických vlastností tepelně zpracovaných referenčních vzorků daného průřezu.

Struktura

Jako volitelný požadavek lze dohodnout hodnocení čistoty oceli stanovením rozsahu znečištění nekovovými vměstky např. podle normy ČSN EN 10247 a stanovení velikosti zrna podle EURONORM 103. Součástí musí být i požadované mezní hodnoty.

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 na př. tažením, tvářením za tepla apod. je třeba dohodnout.

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

EN 10221 uvádí třídy jakosti povrchu kruhových tyčí a drátů válcovaných za tepla. Podle této normy lze vymezit přípustnou hloubku povrchových vad. Přípustnou hloubku oduhličené vrstvy určuje norma pro stav válcovaný (+AR), zpracováno na stříhatelnost (+S), žíháno na měkko (+A) a žíháno na globulární karbidy (+AC). Zkoušení se provádí mikroskopickou zkouškou podle EURONORM 104.

Rozměry, úchytky rozměrů a odchylky tvaru

Úchytky od jmenovitých rozměrů a odchylky tvaru výrobků je nutno dohodnout při objednávání, pokud možno podle příslušných rozměrových norem ČSN EN. Po dohodě lze uplatnit i dodávku podle jiných rozměrových norem.

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 je při objednávání dohodnuta nespécifikovaná kontrola, vystaví se zkušební zpráva dle EN 10204-2.2, která musí obsahovat:

- potvrzení, že materiál odpovídá požadavkům objednávky,
- výsledky rozboru tavby pro všechny prvky, které jsou předepsány pro příslušnou značku oceli.

Pokud je při objednávání dohodnuto vystavení inspekčního certifikátu 3.1 nebo 3.2 podle EN 10204 provede se specifikovaný způsob zkoušení jak předepisuje norma a výsledky se uvedou do dokumentu kontroly. Kromě toho se uvedou výsledky rozboru tavby, výsledky zkoušek pro volitelné požadavky a písmenná nebo číselná označení, která umožňují vzájemné přiřazení dokumentů kontroly, zkušebních vzorků, zkušebních těles a 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.

Uživatelský komentář k normě ČSN EN 10089: 2006-02

a k vlastnostem ocelí pro zušlechtilné pružiny

Některé častěji používané pružinové oceli podle ČSN EN 10089

Oceli podle ČSN EN 10089		Porovnání s ocelmi podle ČSN	
Značka	Číselné označení	ČSN EN 10089	ČSN
38Si7	1.5023	38Si7	13 251
54SiCr6	1.7102	54SiCr6	14 260
61SiCr7	1.7108	51CrV4	15 260
55Cr3	1.7176		
51CrV4	15 260		
52CrMoV4	1.7701		

Chemické složení

Obsah uhlíku ovlivňuje základnou tvrdost a tím pro pružiny důležité hodnoty meze pružnosti a meze kluzu v zušlechtném stavu. Přítomnost legujících prvků umožňuje náležité prokalení vyráběných pružin. Značná pozornost byla věnována zejména křemíku, který zvyšuje mez pružnosti a mez kluzu. Význam křemíkem legovaných ocelí však poněkud poklesl pro náchylnost těchto ocelí k oduhličení.

Chromové, chrom-vanadové a chrom-vanad-molybdenové pružinové oceli se vyznačují vyšší prokalitelností a dobře snášejí střídavé namáhání v ohybu a krutu. Jsou méně náchylné k oduhličení.

Mechanické vlastnosti a prokalitelnost

Proti jiným konstrukčním dílům jsou pružiny zpravidla mnohem více zatěžovány střídavým způsobem namáhání. Při správné funkci musí pružina po odlehčení zaujmout svůj původní tvar, pokud není namáhána nad hranici meze pružnosti.

Hodnoty tvrdosti:

norma uvádí nejvyšší přípustné hodnoty v jednotkách HB pro stav zpracováno na stříhatelnost, pro stav měkce žíhaný (vhodný k obrábění) a žíhaný na globulární cementit (vhodný pro tváření za studena).

Mechanické vlastnosti ve stavu zušlechtném:

pružinové oceli se vyznačují vysokou mezí pružnosti a vysokou mezí kluzu resp. smluvní mezí 0,2 % při poměrně dobré houževnatosti. Dále pak vysokou mezí únavy při střídavém namáhání. Ve stavu po zušlechtnění se pevnost u jednotlivých značek pohybuje v rozmezí 1300 až 1700 MPa. Se vzrůstající

pevností klesá houževnatost a tím roste náchylnost k šíření trhlin v místech s vrubovým účinkem. Jako vruby mohou působit poškození povrchu, povrchové vady, ale i vměstky v povrchové vrstvě. Vznik únavových trhlin ovlivňuje i oduhličená vrstva.

Pružinové oceli v zušlechťeném stavu mají hodnoty tažnosti min. 5 % a zúžení min. 25 %. Pevnost a mez únavy při střídavém namáhání jsou veličiny úměrné. Při stejných podmínkách namáhání vrůstá mez únavy s pevností.

Informativní mechanické vlastnosti se zjišťují na referenčních vzorcích v zušlechťeném stavu. Hutní výrobky z pružinových ocelí se v zušlechťeném stavu nedodávají. Pokud se dodávky uskutečňují podle ČSN EN 10089 je způsob odběru vzorků a způsob zkoušení třeba dohodnout. Zjišťováním mechanických hodnot na referenčním vzorku se prokazuje schopnost oceli dosahovat požadovaných mechanických vlastností. Zkušební vzorek při zkoušce zastupuje průměr nebo tloušťku skutečného pružného elementu.

Prokalitelnost a pásy prokalitelnosti

Hodnoty prokalitelnosti:

Způsob, jakým se zjišťuje prokalitelnost a získávají křivky a pásy prokalitelnosti je uveden v uživatelském komentáři k normám EN 10083-1 a EN ISO 683-4 (oceli k zušlechťování a k cementování).

Z hodnot prokalitelnosti lze usuzovat na hloubku prokalení (obsahu martenzitu ve struktuře po kalení) a na konečné mechanické vlastnosti při zušlechťování dílů vyrobených z jednotlivých značek pružinových ocelí.

Jednotlivé značky ocelí uvedené v normě ČSN EN 10089 se dodávají se zárukou prokalitelnosti určenou zkouškou podle Jominyho. Pokud je za značkou oceli symbol +H odpovídají uvedené hodnoty celému rozsahu pásu prokalitelnosti. Lze však též objednat jednotlivé značky se zúženým pásem prokalitelnosti (+HH). Hodnoty pak leží v horních 2/3 celého pásu.

Namísto prokalitelnosti lze též uplatnit požadavek na zaručovanou tvrdost v jádře výrobku (+CH). v tomto případě norma uvádí pro jaký maximální průměr lze této tvrdosti dosáhnout při kalení příslušné značky oceli do oleje. Při uplatnění tohoto požadavku jsou pak hodnoty prokalitelnosti (+H resp. +HH) pouze informativní.

Velikost zrna

Velikost zrna je podle ČSN EN 10089 volitelným požadavkem. Pokud se požaduje, stanovuje se podle EURONORM 103. Ocel s jemným zrnem je méně náchylná k přehřátí při tváření za tepla a při tepelném zpracování. Je též méně náchylná k deformacím při kalení.

Velikost austenitického zrna se stanovuje za podmínek používaných při provozním tepelném zpracování (teplota a kalicí prostředí).

Oduhličení

K oduhličení povrchové vrstvy dochází během tváření za tepla nebo při tepelném zpracování. Oduhličená vrstva (ochuzená o uhlík) nedosahuje po tepelném zpracování požadované tvrdosti. Důsledkem je podstatné snížení meze únavy při provozním namáhání pružin nebo pružících elementů. Zvláště náchylné k oduhličení povrchu jsou pružinové oceli legované křemíkem, často používané pro zhotovování listových pružin.

Norma ČSN EN 10089 předepisuje přípustné hloubky oduhličení pro hutní výrobky ploché a kruhové ve stavu po válcování nebo zpracované na stříhatelnost. To lze uplatnit pro případy, kdy se materiál při výrobě pružin mechanicky neopracovává (listová pera). Vysoce namáhané pružiny (vinuté) určené pro dopravní prostředky vyžadují povrch bez oduhličené vrstvy. Pro tyto případy se obvykle dodává vstupní materiál opracovaný – loupáný nebo broušený.

Mikročistota a makročistota

Vliv čistoty (mikro- a makročistoty) a způsob jejího hodnocení byl podrobně popsán v uživatelském komentáři technických dodacích podmínek pro oceli k zušlechťování, cementování a nitrídování. Stanovení rozsahu znečištění nekovovými vměstky se provádí pouze na požadavek objednatele. Za metodu stanovení může být zvolena např. norma ČSN EN 10247.

Přítomnost nekovových vměstků v pružinových ocelích, především jsou-li nakumulovány v řádcích, působí jako koncentrátoři napětí. Při dlouhodobém namáhání tak iniciují vznik trhlin, jejichž šířením dochází k lomu. Shluky vměstků v blízkosti povrchu součástí působí jako vrub, který může být zárodkem trhliny a jejího šíření.

Pro velmi namáhané pružiny, pracující v extrémních podmínkách zatěžování, se doporučuje použití ocelí přetavených pod struskou nebo ve vakuu. Z hlediska vlastností vměstků jsou nejvíce nebezpečné tvrdé a křehké oxidy hliníku (korundové vměstky) a vměstky na bázi křemičitanů.

Vnitřní čistota – zkouška ultrazvukem

Pro zkoušení ultrazvukem pružinových ocelí platí stejná pravidla jako pro zkoušení ostatních druhů ocelí (viz oceli k zušlechťování, cementování a nitrídování). Pro zkoušení pružinových ocelí je třeba při objednávání dohodnout způsob zkoušení a kritéria hodnocení. Případné vnitřní vady u pružinových ocelí jsou zvláště nebezpečné, poněvadž trvalé střídavé namáhání pružiny vyvolá šíření vady s následným náhlým lomem. Vadou přitom nemusí být pouze necelistvost nýbrž i strukturní nestejnorodost nebo vměstky.

Jakost povrchu

Jakost povrchu je u pružinových ocelí zvláště choulostivým kritériem především proto, že povrchové vady mohou být zárodkem vzniku trhlin. U pružin je vždy třeba brát v úvahu cyklické zatěžování, které vyvolává únavu materiálu. Bezvadný povrch přispívá ke zvýšení meze únavy. Povrchové vady na neopracovaném povrchu mohou být též zdrojem trhlin při kalení. Dodávání materiálu s opracovaným povrchem (kruhové profily) se realizuje tudíž nejen pro odstranění oduhličené vrstvy, ale též pro odstranění povrchových vad. Ploché výrobky, dodávané s povrchem po tváření musí být objednávány s požadavkem na přípustnou hloubku povrchových vad.

Tepelné zpracování

Způsob tepelného zpracování pro stav zpracováno na stříhatelnost, pro stav měkce žíhaný a žíhaný na globulární cementit volí výrobce. Zvoleným technologickým postupem musí výrobce dosáhnout předepsaných hodnot tvrdosti, popřípadě předepsaného charakteru struktury. Povrch po žíhání nesmí být nadměrně zokoujený a oduhličená vrstva nesmí překračovat stanovenou hloubku.

Užité vlastnosti pružin z ocelí podle ČSN EN 10089, popřípadě jejich ekvivalentů podle ČSN se získávají zušlechťováním. Kalení se provádí v rozmezí teplot doporučených pro jednotlivé značky ocelí s následným ochlazením do vody nebo oleje. Ochlazovací prostředí se volí opět s ohledem na danou značku oceli a tvar výrobku. Po kalení následuje popouštění při teplotách odpovídajících požadované pevnosti a mezi kluzu. Teploty popouštění se pohybují nejčastěji mezi 400 až 550o C. Pro orientaci lze využít popouštěcích diagramů závislosti pevnosti na teplotě popouštění.

Při kalení je nutno předcházet tvarovým deformacím. Mechanické napravování deformací je při dosažených pevnostech velmi obtížné. Listové pružiny se proto na příklad kalí v přípravcích. Popouštění musí být provedeno bezprostředně po kalení.

Nejčastěji používané značky ocelí pro zušlechtěné pružiny

ČSN EN 10089		Oceli podle ČSN	Účel upotřebení
Značka oceli	Číselné označení		
54SiCr6	1. 7102	14 260	Listové pružiny, méně namáhané vinuté pružiny
61SiCr7	1. 7108		Talířové a kroužkové pružiny, zkrutné tyče
51CrV4	1. 8159	15 260	Pružiny pro dopravní prostředky
52CrMoV4	1. 7701		Vysoce namáhané pružiny pro dopravní prostředky