

## Oceli automatové podle normy ČSN EN ISO 683-4 – technické dodací podmínky

### Předmět normy

Stanovuje technické dodací podmínky pro následující výrobky tvářené za tepla: polotovary, tyče a dráty z automatových ocelí.

### Použití ocelí uvedených v normě

Oceli jsou určeny pro sériovou výrobu rozměrově přesných strojních dílů obráběním nebo obráběním po předchozím tvářením za studena. Tyče a drát mohou sloužit i jako výchozí polotovary k tažení za studena.

Při obrábění lze používat vysokých řezných rychlostí a využívat numericky řízené obráběcí automaty nebo obráběcí centra.

### Klasifikace ocelí

Podle účelu upotřebení:

lze volit z ocelí pro všeobecné použití (oceli bez tepelného zpracování), z ocelí k cementování nebo k zušlechťování.

Podle chemického složení:

- oceli se zvýšeným obsahem síry a fosforu,
- oceli se zvýšeným obsahem síry a fosforu, dále legované olovem,
- oceli se zvýšeným obsahem síry a fosforu legované olovem a dalšími přísadami, které zlepšují obrobitelnost (Bi, Te, Se) Takové oceli však nejsou součástí normy EN ISO 683-4.

### Způsob výroby oceli

Způsob výroby volí výrobce tak, aby bylo docíleno požadovaného chemického složení, při respektování ekologicky nezávadných technologických postupů. Jedná se především o způsob legování Pb, resp. Te, Se a Bi. Dále musí výrobce zajistit, aby výsledné složení a struktura oceli splňovaly očekávaný stupeň obrobitelnosti, a předepsané mechanické vlastnosti.

### Způsob dodávání

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

Při objednávání mohou být uplatněny následující požadavky:

chemické složení a mechanické vlastnosti, velikost zrna u ocelí k cementování a zušlechťování, vnitřní jakost a jakost povrchu.

### 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:** výrobky musí splňovat mechanické vlastnosti předepsané pro odpovídající stav tepelného zpracování (tvrdost a pevnost v tahu). U ocelí, které nejsou určeny k tepelnému zpracování jsou to pevnost a tvrdost ve stavu dodání, u ocelí k cementování tvrdost a pevnost ve stavu tepelně nezpracovaném a u ocelí k zušlechťování tvrdost a pevnost ve stavu tepelně nezpracovaném a pevnost ve stavu zušlechťeném. Tvrdost ve stavu tepelně nezpracovaném se uvádí jako informativní.

U ocelí k zušlechťování dodávaných v jiném stavu tepelného zpracování, než v zušlechťeném se požadavky na mechanické vlastnosti v zušlechťeném stavu prověřují na referenčním vzorku. U tyčí a drátů válcovaných za tepla musí mít zkušební polotovar, který má být zušlechťen, průřez rovný průřezu výrobku.

**Velikost zrna:** volí výrobce. Pokud je u ocelí k cementování nebo u ocelí k zušlechťování požadována jemnozrnná struktura po referenčním zpracování, je nutno podrobnosti dohodnout při objednávání. V tomto případě musí být po zkoušení jedním ze způsobů podle normy EN ISO 643 velikost zrna 5 až 8.

Struktura se považuje za vyhovující, pokud 70% hodnocené plochy vzorku vykazuje velikost zrna v uvedeném rozmezí.

### Technologické vlastnosti

Obrobitelnost: je u automatových ocelí preferovanou vlastností. Chemické složení a struktura těchto ocelí jsou zvoleny tak, aby při třískovém obrábění vznikala snadno lámavá a krátká tříska. Tu lze pak snadno odvádět z obráběné plochy. Při obrábění vznikají hladké a tvarově přesné plochy. I při vysokých rychlostech obrábění nedochází k nadměrnému opotřebení nástrojů.

Tvářitelnost za studena: požadavky na tvářitelnost za studena např. tažením za studena, je třeba dohodnout s výrobcem.

Svařitelnost: pro vysoký obsah síry a fosforu se svařování automatových ocelí běžně nedoporučuje.

### S20 Vnitřní jakost

Při objednávání mohou být dohodnuty požadavky na vnitřní jakost výrobku například nedestruktivními způsoby zkoušení. Výrobce v tomto případě musí prokazovat, že vnitřní vady (nečelistvosti, 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

Menší nečelistvosti, které mohou vzniknout za běžných podmínek tvářením, jako např. otlaky po zaválcovaných okujích, se nepovažují za vady. Požadavky na jakost povrchu kruhových tyčí a drátů je možné dohodnout při objednávání odkazem na normu EN ISO 9443 (třídy jakosti povrchu). U výrobků určených k tažení za studena, je požadavky na jakost povrchu třeba dohodnout. Na dohodě závisí též způsob začištění případných vad a přípustná hloubka začištění.

### Rozměry, úchytky rozměrů, tvaru a polohy

Jmenovité rozměry a úchytky rozměrů 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 kontroly je třeba dohodnout. Pokud je při objednávání dohodnuta nespecifikovaná kontrola, vystaví se zkušební zpráva podle EN 10204-2.2, která musí obsahovat:

- potvrzení, že dodávka odpovídá uzavřeným dohodám,
- 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.

Specifikované zkoušení:

Mechanické vlastnosti zjišťované u výrobků ve stavu tepelně nezpracovaném nebo v zušlechťeném stavu:

pevnost v tahu u ocelí, které nejsou určeny k tepelnému zpracování a ocelí k cementování,

pevnost v tahu u ocelí k zušlechťování ve stavu tepelně nezpracovaném, nebo ve stavu zušlechťeném.

Výsledky kontroly a zkoušek volitelných vlastností.

Volitelné a zvláštní požadavky uplatňované při objednávání:

pevnost v zušlechťeném stavu stanovenou na referenčním vzorku ocelí k zušlechťování dodávaných ve stavu tepelně nezpracovaném.

Chemický rozbor hotového výrobku, nedestruktivní zkoušení na vnitřní jakost, velikost zrna při referenčním tepelném zpracování.

Zvláštní požadavky na značení.

## Značení výrobků

Výrobky nebo obaly musí být značeny tak, aby bylo možno určit výrobce, značku oceli a tavbu.

**Mechanické hodnoty automatových ocelí, které nejsou určeny k tepelnému zpracování**

Název oceli	Průměr mm	Tvrdość <sup>1)</sup> HBW max.	Pevnosť v tahu (tepelně nezpracováno) R <sub>m</sub> MPa
9S20	d ≤ 16	154	330 až 520
	16 < d ≤ 40	154	330 až 520
	40 < d ≤ 63	154	320 až 520
	63 < d ≤ 100	140	310 až 470
11SMn30 11SMnPb30 11SMn37 11SMnPb37	5 ≤ d ≤ 10	169	380 až 570
	10 < d ≤ 16	169	380 až 570
	16 < d ≤ 40	169	380 až 570
	40 < d ≤ 63	169	370 až 570
	63 < d ≤ 100	154	360 až 520

<sup>1)</sup> V případě sporu je pevnost v tahu rozhodující hodnotou.

## Mechanické hodnoty pro automatové oceli k cementování

Název oceli	Průměr mm	Tvrdość <sup>1)</sup> HBW max.	Pevnosť v tahu (tepelně nezpracováno) R <sub>m</sub> MPa
10S20 10SPb20	5 ≤ d ≤ 10	156	360 až 530
	10 < d ≤ 16	156	360 až 530
	16 < d ≤ 40	156	360 až 530
	40 < d ≤ 63	156	360 až 530
	63 < d ≤ 100	146	350 až 490
15SMn13	5 ≤ d ≤ 10	181	430 až 610
	10 < d ≤ 16	178	430 až 600
	16 < d ≤ 40	178	430 až 600
	40 < d ≤ 63	172	430 až 580
	63 < d ≤ 100	160	420 až 540
17SMn20	5 ≤ d ≤ 10	181	430 až 610
	10 < d ≤ 16	178	430 až 600
	16 < d ≤ 40	178	430 až 600
	40 < d ≤ 63	172	430 až 580
	63 < d ≤ 100	160	420 až 540

<sup>1)</sup> V případě sporu je pevnost v tahu rozhodující hodnotou.

## Mechanické hodnoty pro automatové oceli k zušlechťování

Název oceli	Průměr mm	Tvrdost 1) HBW max.	Pevnost v tahu Rm MPa	Mechanické hodnoty		
				Re min. MPa	Rm MPa	A min. %
10S20 10SPb20	5 ≤ d ≤ 10	210	550 - 720	430	630 - 780	15
	10 < d ≤ 16	204	550 - 700	430	630 - 780	15
	16 < d ≤ 40	198	520 - 680	380	600 - 750	16
	40 < d ≤ 63	196	520 - 670	320	550 - 700	17
	63 < d ≤ 100	190	500 - 650	320	550 - 700	17
36SMn14 36SMnPb14	5 ≤ d ≤ 10	225	580 - 770	480	700 - 850	14
	10 < d ≤ 16	225	580 - 770	460	700 - 850	14
	16 < d ≤ 40	219	560 - 750	420	670 - 820	15
	40 < d ≤ 63	216	560 - 740	400	640 - 790	16
	63 < d ≤ 100	216	550 - 740	360	570 - 720	17
35SMn20 35SMnPb20	5 ≤ d ≤ 10	225	580 až 770	-	-	-
	10 < d ≤ 16	225	580 až 770	420	620 až 820	14
	16 < d ≤ 40	219	560 až 750	365	590 až 790	16
	40 < d ≤ 63	216	560 až 740	335	540 až 740	17
	63 < d ≤ 100	216	550 až 740	-	-	-
38SMn28 38SMnPb28	5 ≤ d ≤ 10	228	580 - 780	480	700 - 850	15
	10 < d ≤ 16	219	580 - 750	460	700 - 850	15
	16 < d ≤ 40	213	530 - 730	420	700 - 850	15
	40 < d ≤ 63	213	560 - 730	400	700 - 850	16
	63 < d ≤ 100	204	550 - 700	380	630 - 800	16
44SMn28 44SMnPb28	5 ≤ d ≤ 10	(226)	630 - 900	520	700 - 850	16
	10 < d ≤ 16	(252)	630 - 900	520	700 - 850	16
	16 < d ≤ 40	241	630 - 850	480	700 - 850	16
	40 < d ≤ 63	231	630 - 820	420	700 - 850	16
	63 < d ≤ 100	228	620 - 790	410	700 - 850	16
46S20 46SPb20	5 ≤ d ≤ 10	234	590 - 800	490	700 - 850	12
	10 < d ≤ 16	228	590 - 780	490	700 - 850	12
	16 < d ≤ 40	222	590 - 760	430	650 - 800	13
	40 < d ≤ 63	213	580 - 730	370	630 - 780	14
	63 < d ≤ 100	207	560 - 710	370	630 - 780	14

1) V případě sporu je pevnost v tahu rozhodující hodnotou.

## Podmínky tepelného zpracování automatových ocelí k cementování a zušlechťování

### Podmínky pro tepelné zpracování

Automatové oceli k cementování <sup>1)</sup>						
Značka oceli	Teplota nauhličování °C <sup>2)</sup>	Teplota pro jednoduché přímé kalení °C <sup>3)</sup>	Dvojitý kalení		Prostředí pro kalení <sup>4)</sup>	Popouštění °C <sup>5)</sup>
			Teplota kalení na jádro °C	Teplota kalení na cementovanou vrstvu °C		
10S20 10SPb20 15SMn13 17SMn20	880 až 980	830 až 880	880 až 920	780 až 820	voda, olej, emulze <sup>4)</sup>	150 až 200

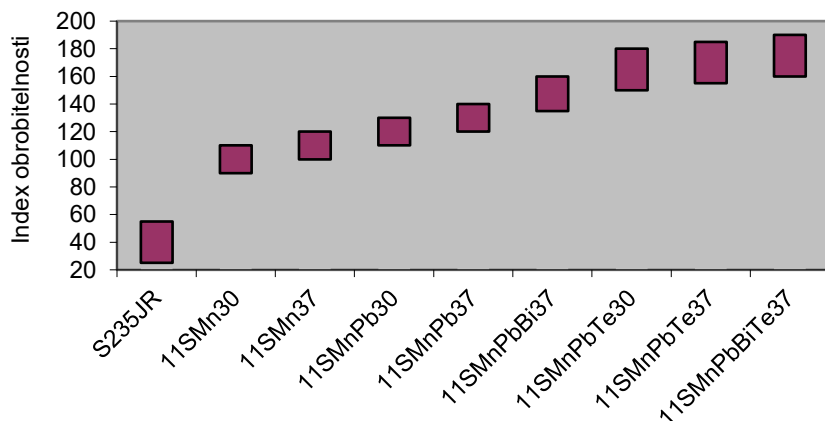
<sup>1)</sup> Teploty pro cementaci, kalení na jádro, kalení na povrch a popouštění jsou informativní. Skutečně zvolené teploty musí odpovídat požadovaným vlastnostem.  
<sup>2)</sup> Teplota cementace závisí na chemickém složení oceli, hmotnosti výrobku a prostředku pro nauhličování. Při přímém kalení po nauhličení se obvykle nepřekračuje teplota 950°C. U zvláštních postupů, např. při cementaci ve vakuu, se obvykle používají vyšší teploty (např. 1020 až 1050°C).  
<sup>3)</sup> Při jednoduchém kalení po cementaci se ocel kalí z teploty nauhličování nebo z teploty nižší. Při vzniku nebezpečí deformací se dává přednost nižší teplotě kalení.  
<sup>4)</sup> Druh ochlazovacího prostředku závisí např. na tvaru výrobku, na podmínkách ochlazování a na stupni naplnění pece.  
<sup>5)</sup> Doba popouštění informativně minimálně 1 hodina.

### Automatové oceli k zušlechťování<sup>1)</sup>

Značka oceli	Kalení		Popouštění °C <sup>3)</sup>
	°C <sup>2)</sup>	Prostředí	
35S20 35SPb20	860 až 890	voda nebo olej	540 až 680
36SMn14 36SMnPb14	850 až 880	Voda nebo olej	540 až 680
35SMn20 35SMnPb20			
38SMn28 38SMnPb28			
44SMn28 44SMnPb28	840 až 870	olej nebo voda	540 až 680
46S20 46SPb20			

<sup>1)</sup> teploty jsou informativní, skutečně zvolené teploty mají být takové, aby bylo dosaženo požadovaných hodnot.  
<sup>2)</sup> doba austenitizace informativně minimálně 0,5 h.  
<sup>3)</sup> doba popouštění minimálně 1 h (informativně).

### Porovnání obrobiteľnosti vybraných značek automatových ocelí



Index obrobiteľnosti vyjadruje poměrnou hodnotu obrobiteľnosti při podélném soustružení. Za základ byla vzata obrobiteľnost značky 11SMn30 s indexem obrobiteľnosti 100 %. Z grafu je patrné, že běžná uhlíková ocel se srovnatelným obsahem C – S235JR2 má index obrobiteľnosti přibližně poloviční v porovnání s 11SMn30.

Na dalším zvýšení obrobiteľnosti se vedle síry a fosforu výrazně podílí olovo, telur a bismut popř. kombinace těchto prvků.

## Struktura automatových ocelí

Pro dosažení příznivé obrobitelnosti je nutné pomocí vhodných metalurgických pochodů vyloučit přítomnost tvrdých a ořezavých strukturních složek. Současně s tím je nutno dosáhnout vyváženého poměru mezi pevností a zvýšenou křehkostí. V případě nejčastěji používaných měkkých, tepelně nepracovatelných značek ocelí s obsahem C kolem 0,10 % srovnatelných s ocelími S235 podle EN 10025, se jedná o strukturu s minimálním podílem cementitu (nosič pevnosti) v ostrůvkách perlitu. Houževnatý a ve struktuře převládající ferit křehne při tažení za studena, vlivem přítomnosti omezených obsahů fosforu a dusíku.

Rozhodující úlohu u všech automatových ocelí sehrává přítomnost více druhů vměstků zvláštní povahy, velikosti a rozdělení. Tyto vměstky ovlivňují mechanismus tvorby třísky a její lámavost. Vedle toho příznivě ovlivňují i mechanismus reakce mezi nástrojem a odcházející třískou. Částice, které se v průběhu obrábění usazují na nástroji působí jako mazadlo a zabraňují jeho opotřebení.

Nejnámější je v uvedeném smyslu působení zvýšeného obsahu sulfidických vměstků, jejichž vliv na obrobitelnost je znám velmi dlouho a ovlivní rozhodující měrou vývoj automatových ocelí. Automatové oceli se sírou patří ke klasickým druhům automatových ocelí. V současnosti jsou vyráběny automatové oceli na bázi přísad, které tvoří jiné druhy vměstků s podobným nebo ještě výraznějším vlivem na zlepšení obrobitelnosti.

## Vliv obrobitelnost zlepšujících přísad na vlastnosti automatových ocelí

Pro obsah síry jsou obvyklé hodnoty mezi 0,1 až 0,4 %. S přítomností síry spojený zvýšený obsah siřičkových vměstků ovlivňuje tvorbu struktury a pevnost velmi málo, a to stejnou měrou u ocelí válcované, za studena tažené, cementované nebo zušlechťené. To neplatí o houževnatosti především ve směru kolmém na směr tváření (příčné hodnoty).

V průběhu tváření dochází k deformaci sulfidických vměstků ve směru tváření, ke vzniku výrazné řádkovitosti a důsledkem toho k podstatnému snížení hodnot houževnatosti v příčném směru. S tímto jevem je nutno počítat při volbě automatových ocelí pro daný účel upotřebení.

Při výrobě automatových ocelí hraje významnou roli olovo společně se sírou nebo i samostatně. Při obsazích 0,15 až 0,30 % se Pb nachází v oceli ve formě jemně dispergované fáze. V současné době používané technologie legování olova, zabezpečují jeho rovnoměrné rozdělení ve struktuře oceli, kde se jeví podobně jako siřičkové vměstky. Částičky olova velikosti řádově 1 mikronu se ve struktuře nacházejí samostatně, nebo ve společenství siřičkových vměstků.

Současným legováním telurem se vytváří fáze PbTe s podobnými vlastnostmi jako má olovo.

S olovem příbuzný bismut (Bi) je z metalurgického hlediska a též působením na obrobitelnost olova velmi podobný. Přísada 0,06% Bi k automatovým ocelím s olovem dále zvyšuje obrobitelnost Pb-automatových ocelí.

Přítomnost dalších prvků používaných při výrobě automatových ocelí vedle síry však též snižuje hodnoty houževnatosti ve směru kolmém na směr tváření. Olovo v porovnání se sírou zaujímá při stejném hmotnostním obsahu obou prvků ve struktuře oceli pouze jednu osminu objemu, který zaujímá síra. Proto ovlivňuje pokles houževnatosti olovo podstatně méně než síra. Těto přednosti se využívá při používání automatových ocelí s olovem i pro více namáhané nebo i bezpečnostní konstrukční díly cementované nebo zušlechťované.

## Způsob výroby a způsob dalšího zpracování

Z ocelářského hlediska je nejdůležitější způsob desoxidace. Optimální morfologie siřičkových vměstků se dosahuje u ocelí neuklidněných avšak za cenu značné strukturní nehomogenity odlévané oceli vlivem segregací. Kompromisním řešením je ocel polouklidněná s omezenými obsahy křemíku a hliníku. Takto lze vyrábět pouze oceli určené k tepelnému zpracování (pro všeobecné použití). Oceli k cementování a zušlechťování musí být naproti tomu zcela uklidněné. Legování přísad zlepšujících obrobitelnost se provádí v pánvi, přičemž legování Pb a dalšími toxickými prvky se děje technologiemi přísně respektujícími ochranu životního prostředí.

Ocelové výrobky obsahující Pb, Te, Bi se však za toxické nepovažují ani při dalším zpracování.

Za tepla válcované výrobky se nejčastěji dále zpracovávají tažením za studena pro dosažení rozměrové přesnosti a dobré jakosti povrchu.

Při kování je nutno dbát na dostatečně vysokou teplotu kování, vyhýbat se pokud možno péčovacím operacím s volným šířením a kovat s dostatečnými přísadkami na obrábění. Automatové oceli s telurem jsou při teplotách tváření náchylné k lomům a nejsou proto vhodné ke kování.

## Nejčastěji používané značky automatových ocelí

Označení podle EN ISO 683-4		Dřívější označení podle DIN 1651	Porovnání s ocelími podle ČSN
Značka oceli	(Číselné označení) <sup>1)</sup>		
Oceli neurčené k tepelnému zpracování (oceli pro všeobecné použití).			
11SMn30	1.0715	9SMn28	41 1109
11SMnPb30	1.0718	9 SMnPb28	
11SMn37	1.0736	9SMn36	
11SMnPb37	1.0737	9SMnPb36	
Oceli k cementování			
10S20	1.0721	10S20	41 1110
10SPb20	1.0722	10SPb20	
15SMn13	1.0725		41 1120
Oceli k zušlechťování			
35S20	1.0726	35S20	41 1140
35SPb20	1.0756	35SPb20	
46S20	1.0727	45S20	
46SPb20	1.0757	45SPb20	

<sup>1)</sup> Číselné označení již norma EN ISO 683-4 nepoužívá. Vyskytovalo se o normy EN 10087 a v normě DIN.