



DOGAL[®]

Dogal[®] – antikorozi
zdokonalené
vysokopevnostní
oceli

SSAB
SWEDISH STEEL



Dogal® je žárově zinkovaný produkt a zároveň registrovaná obchodní známka firmy SSAB Tunnpłat AB.

SSAB Tunnpłat je špičkový evropský výrobce vysokopevnostních ocelí.

Tato brožura poskytuje vyčerpávající prezentaci žárově zinkovaných, extra a ultra vysokopevnostních ocelí Dogal®.

Dozvíte se, jak zvýšená pevnost a zlepšená ochrana proti korozi pozitivně ovlivní kvalitu výrobků, ekonomiku výroby a konkurenceschopnost.

Vysokopevnostní oceli Dogal® nabízí širokou škálu užitkových vlastností.

O B S A H

4–7	Kombinace nejlepších antikoročních vlastností s nejvyšší pevností
8–9	ULSAB
10–13	Výrobní program (rozměry, povrchové úpravy, kvalita povrchu, tolerance)
14–23	Technické vlastnosti (stříhání a děrování, řezání laserem, tváření, tažení, obrubování, ohýbání, válcování profilů, mezní hodnoty ohybu, odpružení, spotřeba energie, odolnost vůči otřesům a nárazům, únava materiálu, svařování, pájení)
24–27	Koroze
28–29	Povrchová úprava
31–33	Doporučení k nástrojové oceli
35	Nač by měl myslet konstruktér?

Kombinace nejlepších antikoročních vlastností s nejvyšší pevností

Už si nemusíte více vybírat mezi nejlepšími antikoročními vlastnostmi a jinými výhodami, které skutečně vysokopevnostní oceli musí nabízet.

Žárově zinkované oceli Dogal® od firmy SSAB Tunnpłat spojují dobrou odolnost vůči korozi s nejvyšší pevností.

Vysokopevnostní oceli Dogal® nabízí celou škálu vlastností, z nichž každá přispívá ke zvýšení konkurenceschopnosti.

Dogal 1000 DP

Naše vyvinutá značka Dogal 1000 DP rozšiřuje dostupnost vysokopevnostní žárově zinkované oceli. Dogal 1000 DP má minimální pevnost v tahu 980 N/mm². Použití vysoké pevnosti našich ocelí značky Dogal® je rozmanité. Můžete ji využít, když potřebujete zmenšit tloušťku materiálu a tak snížit hmotnost. U dopravních prostředků to znamená snížení nákladů na palivo a také pozitivní přístup k životnímu prostředí po dobu životnosti dopravního prostředku. Redukce hmotnosti se také projevuje ve snížené spotřebě materiálu. Protože ocel Dogal® se nakupuje na váhu, ale materiál se používá na jednotku plochy, spotřeba materiálu bude klesat. To znamená, že náklady

na materiál budou nižší, zatímco produktivita bude stoupat.

Zvýšení bezpečnosti, snížení hmotnosti

Vyšší pevnost může také podstatně zvýšit absorpci energie u dopravního prostředku. Při použití vysokopevnostní oceli Dogal® na součásti, jako jsou antikolizní nosníky a ochrana proti boční kolizi, bude bezpečnost vozidla vyšší, aniž by došlo ke zvýšení a hmotnosti vozidla, pravděpodobně lze spíše očekávat její snížení. Finálním výsledkem je bezpečnější a konkurenceschopnější dopravní prostředek.

Vysokopevnostní oceli Dogal® spojují dobrou odolnost vůči korozi s nejvyšší možnou pevností, nejnižší možnou hmotností a nejvyšší kapacitou spotřeby energie.

Konec svařování, začátek lisování

Vysokopevnostní ocel Dogal® má vynikající vlastnosti pro tváření za studena. Unikátní kombinace vysoké pevnosti a výborné tvárnosti přináší řadu zlepšení v ekonomice výroby.

Namísto svařování výrobku z několika částí, lze finálního produktu dosáhnout pouze několika operacemi lisováním

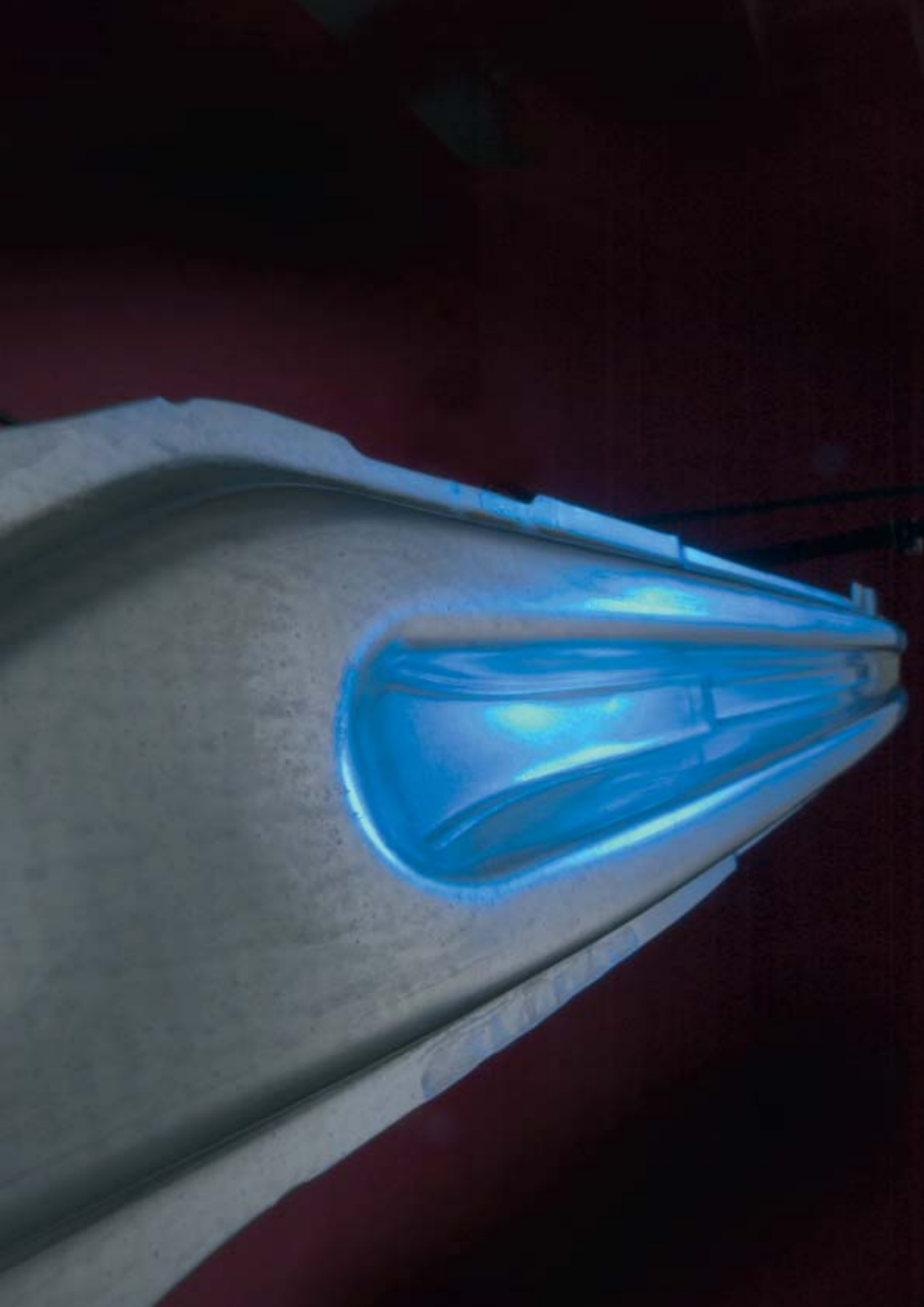
a ohýbáním. Náklady na svařování budou nižší a kvalita hotového výrobku bude vyšší. Dobrá tvárnost nabízí velké možnosti při optimalizaci konstrukčního řešení. Výsledkem nevhodnějšího konstrukčního řešení je téměř vždy snížení počtu součástí výrobku. Tento fakt také přispívá ke kladné odpovědi na otázku, zda zvolit tento materiál. Všechny uvedené skutečnosti přispívají ke zlepšení ekonomiky výroby.

Ať výrobky žijí déle

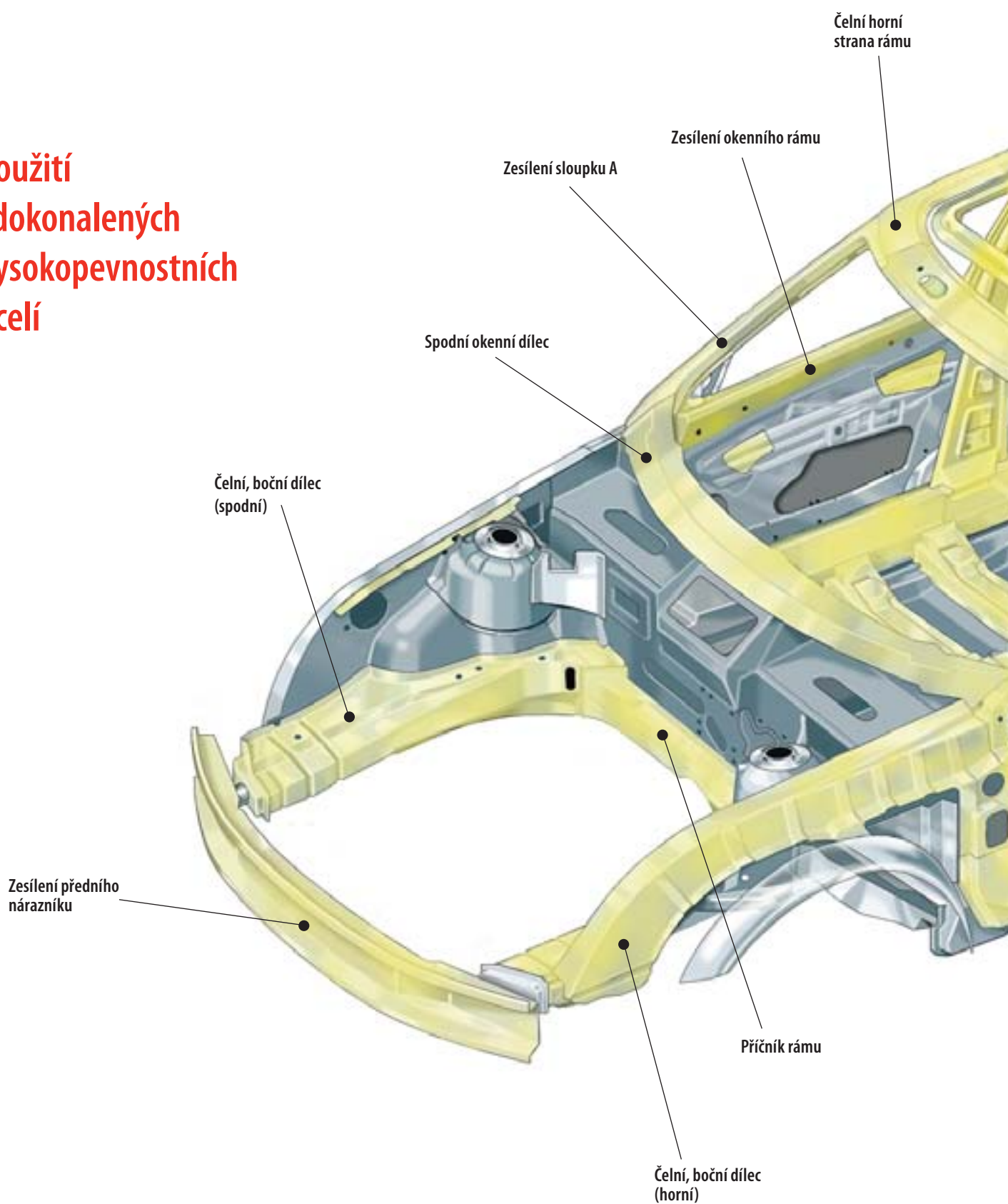
Kromě výborných antikoročních vlastností, žárově zinkovaný povrch nabízí také výhody pro výrobní inženýrství. Použitím oceli Dogal® snížíte náklady a čas nezbytný pro zinkování jednotlivých dílů. Když přejdete na oceli Dogal, snížíte minimálně o polovinu náklady na antikoroční úpravu výrobku (srovnáváno s nutností pozinkovávat každou jednotlivou část výrobku).

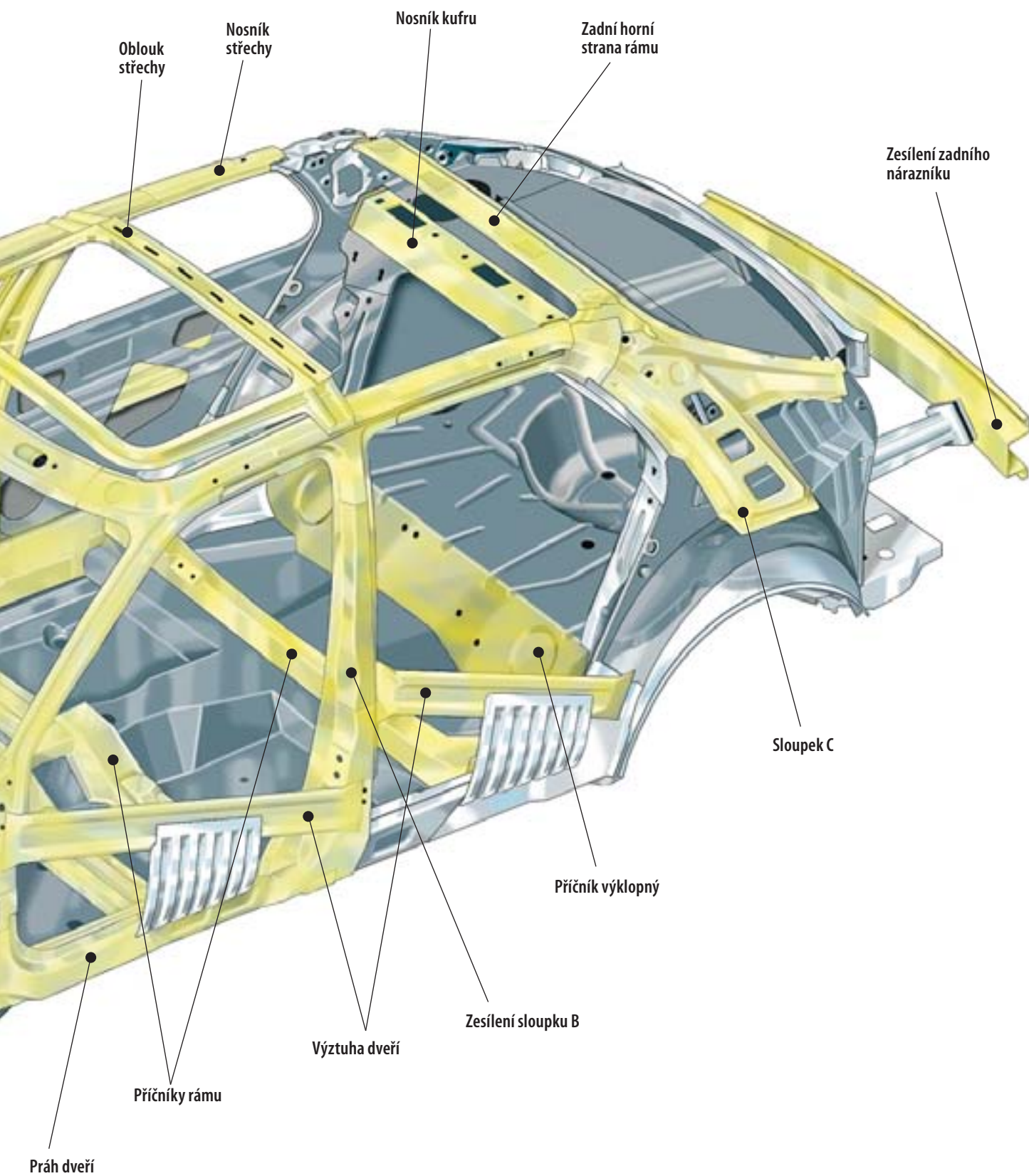
Díky kombinaci antikoročních vlastností a vysoké pevnosti přispívá ocel Dogal® ke zvýšení životnosti výrobků, jakož i ke snižování nutnosti údržby a servisu.

Tato brožura poskytuje vyčerpávající informace o konkurenceschopnosti vysokopevnostní oceli Dogal®.



Použití zdokonalených vysokopevnostních ocelí





Projekty ULSAB

Vzhled a vhodnost pro zpracování nejsou jedinými požadavky. Do úvahy je třeba vzít ještě bezpečnost, požadavky enviromentální a další. Mezinárodní ocelářský průmysl zahájil řadu projektů, jejichž snahou je předvést nová efektivní konstrukční řešení oceli, která by vyhovovala požadavkům automobilového průmyslu.

ULSAB

První z těchto projektů byl ULSAB – ultra lehká ocelová automobilová karoserie – zahájený v roce 1994 za účelem studia karoserie, vyrobené z oceli. Karoserie byla z více než 90 % tvořena moderními vysokopevnostními ocelmi, díly tvářenými tlakem kapaliny (hydroforming) a na míru vyrobenými výlisky. Na nich mohl ocelářský průmysl demonstrovat

vyrobitelnost moderní karoserie stejně odolné, tužší a také zhruba o 25 % lehčí, než ocelové karoserie v té době dostupné na trhu. Kromě toho projekt dokázal, že taková karoserie může být vyráběna sériově, při stejných nákladech jako běžně vyráběná karoserie. Tento projekt přispěl k podstatnému nárůstu použití vysokopevnostních ocelí a na míru vyrobených výlisků v automobilovém průmyslu.

ULSAC

V roce 1998 zahájil mezinárodní ocelářský průmysl další projekt ULSAC – ultra lehké ocelové panelové díly pro automobily. Projekt měl dokázat, že stejné zkušenosti mohou být použity na dveře a kapotu. Vybraná konstrukční řešení ukázala, že moderní, bezpečné dveře mohou být vyrobeny z moderních

vysokopevnostních ocelí, za použití zdokonalených výrobních metod. Váha takových dveří je o 42 % menší než dveře vyrobené z běžných měkkých ocelí. Dveře mohou být taktéž vyráběny sériově za rozumnou cenu.

ULSAS

Aby se prokázala možnost použití vysokopevnostních ocelí na šasi a pérování, byl započat projekt ULSAS – ultra lehké automobilové pérování. Tento projekt představil efektivní odlehčená konstrukční řešení za použití různých ocelí.

ULSAB-AVC

Tyto tři projekty snížily váhu dopravního prostředku o jednu třetinu.

ULSAB-AVC (projekt zdokonaleného konceptu dopravního prostředku) byl realizován proto, aby ukázal na možnosti, které nabízí moderní vysoko-

Koncepce dveří podle projektu ULSAC.





Koncepce auta podle projektu ULSAB-AVC.

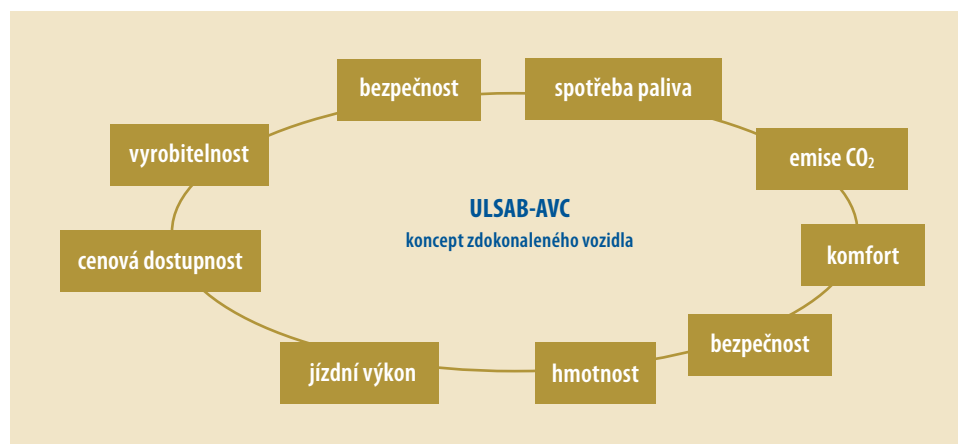
pevnostní oceli v oblasti bezpečnosti, efektivnosti nákladů na konstrukční řešení, v oblasti snížené spotřeby paliva a snížení zplodin oxidu uhličitého. Tento projekt se zabývá celým vozidlem. Prezentovaná konstrukční řešení jsou nejenom nabízenými možnostmi, ale jsou i ukázkami toho, čeho může být dosaženo inovačním použitím

zdokonalených vysoko-pevnostních ocelí (AHSS) v kombinaci s moderními výrobními metodami.

Karoserie váží pouhých 218 kg, přičemž i při takto nízké hmotnosti byla plně zachována požadovaná bezpečnost. Dopravní prostředek vyhovuje bezpečnostním požadavkům pro vozidla, vyrobená v roce 2004. Karosérie je tvořena pouze 81 součástí.

74 % hmotnosti představují DP oceli, zdokonalené vysokopevnostní oceli pak více než 80 % celkové hmotnosti.

Maximální množství emisí kyslíčnicku uhličitého, stanoveného EU, je 140 g/km. Vozidla ULSAB-AVC mají spotřebu paliva od 3,2 do 4,5 l/100 km a odpovídající množství emisí kyslíčnicku uhličitého je od 86 do 108 g/km.



Obr. 1 Přehled základních požadavků výrobců automobilů.

Výrobní program

Značky Dogal YP

Dogal YP jsou mikrolegované, za studena tvářené oceli, které dosahují své vysoké pevnosti přidáním velmi malého množství legujících prvků. Značky této oceli se odvozují od jejich nejvyšší garantované meze kluzu. Rozdíl mezi jejich mezí kluzu a pevností v tahu je malý. YP značky mají dobrou tvářitelnost a ohybatelnost s ohledem na jejich mez kluzu.

Značky Dogal DP

Ocel Dogal DP spojuje vysokou pevnost s vlastnostmi, vhodnými pro tváření tažením. Oceli DP mají nízkou mez kluzu při výrazně vyšší mezi pevnosti.

Mikrostruktura DP ocelí

Mikrostruktura ocelí obsahuje martenzit ve vícefázové mikrostruktuře. Kromě martenzitu (tvrdá fáze) a feritu (měkká fáze), se v těchto ocelích vyskytuje také bainit. Pevnost oceli stoupá se stoupajícím obsahem tvrdé martenzitické fáze. Podíl martenzitu je dán obsahem uhlíku v oceli a režimem tepelného zpracování, kterým ocel prochází v průběžném galvanizačním procesu.

Stárnutí

Ocel Dogal DP nestárne, a to díky struktuře materiálu.

Mechanické a tepelné vytvrzování

Podstatného zvýšení meze kluzu může být dosaženo využitím vlastností, získaných mechanickým zpevněním a tepelným vytvrzováním ocelí Dogal DP. Mechanické zpevnění při 2% deformaci může zvýšit mez kluzu ocelí Dogal DP o cca 100 N/mm². Velikost tohoto zpevnění velice závisí na stupni deformace a na typu oceli. Tepelné vytvrzování materiálu při prohrátí na 170 °C po dobu 20 minut zvyšuje mez kluzu přibližně o dalších 30 N/mm².

Lisování a lakování

Při lisování ocelových dílů a následném natírání barvou, lze vždy pozitivně využít vlastnosti, získané mechanickým zpevněním a tepelným vytvrzováním ocelí Dogal DP. Mechanické zpevnění nastává během lisování. K tepelnému vytvrzování dochází při nanášení barvy, jestliže je nátěr prováděn při zvýšené teplotě.

Tepelné zpracování

Tepelnému zpracování ocelí Dogal® se nedoporučuje. Vyšší teplota může ovlivnit kvalitu pozinkování, což ve výsledku znamená horší vzhled dílu a horší antikorozní vlastnosti. Pokud je tepelné zpracování materiálu nezbytné, neměla by teplota překročit hranici 200 °C.

Rozměry

Oceli Dogal DP se dodávají v tloušťkách od 0,5 do 2,0 mm a šířkách do 1 500 mm. V závislosti na značce a tloušťce oceli existují určitá rozměrová omezení.

Tloušťka povlaku

Na základě zkoušky hmotnosti povlaku, prováděné na třech vzorcích v souladu s metodikou normy EN 10 142, jsou různé tloušťky povlaku rozděleny dle hmotnosti v g/m² na obou stranách. Hmotnost povlaku není vždycky rovnoměrně rozložena na obou stranách výrobku. Je pravděpodobné, že hmotnost povlaku na každé straně výrobku dosáhne minimálně 40% tabulkové hodnoty zkoušky pro stanovení hmotnosti povlaku

Chemické složení (běžné hodnoty)								
Značka oceli	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Nb %	Cr %	Al (min)
Dogal 450 YP	0,09	0,4	1,3	0,015	0,002	0,035	—	0,015
Dogal 500 YP	0,13	0,4	1,6	0,015	0,002	0,035	—	0,015
Dogal 600 DP	0,11	0,2	1,6	0,015	0,002	—	0,45	0,015
Dogal 600 DPE	0,11	0,2	1,6	0,015	0,002	—	0,45	0,015
Dogal 800 DP	0,15	0,2	1,8	0,015	0,002	0,015	0,45	0,015
Dogal 1000 DP *								

Tab. 1 *) Ve vývoji.

Mechanické vlastnosti					
Značka oceli	Mez kluzu, $R_{p0.2}$ N/mm ² min–max	Mez kluzu, $R_{p2.0}+BH$ 170 °C po 20 min N/mm ² , min	Pevnost v tahu, R_m N/mm ² min–max	Tažnost, A_{80} % min	Min. doporučený poloměr ohybu při 90° ohnutí $t=t_{\text{tloušťka}}$, min
Dogal 450 YP	450–550	–	560–680	14	1×t
Dogal 500 YP	500–600	–	600–730	10	1×t
Dogal 600 DP	350–480	(500)	600–700	16	1×t
Dogal 600 DPE	450–530	(550)	600–750	17	1×t
Dogal 800 DP	500–640	(600)	800–950	10	1×t
Dogal 1000 DP *	660–860	–	980 (min)	6	–

Tab. 2 *) Ve vývoji.

Zinkování			
Hmotnostní třída	Tloušťka pokovení na stranu* μm	Hmotnost povlaku na obou stranách, g/m ²	
		Tři vzorky	Jednotlivý vzorek
Z 100	(7)	100	85
Z 120	(8)	120	100
Z 140	(10)	140	120
Z 200	(14)	200	170
Z 275	(20)	275	235

Tab. 3 *) Vypočteno z minimálních hodnot pro (tři vzorky) zkoušku na hmotnost povlaku (1 μm=7,14 g/m²).

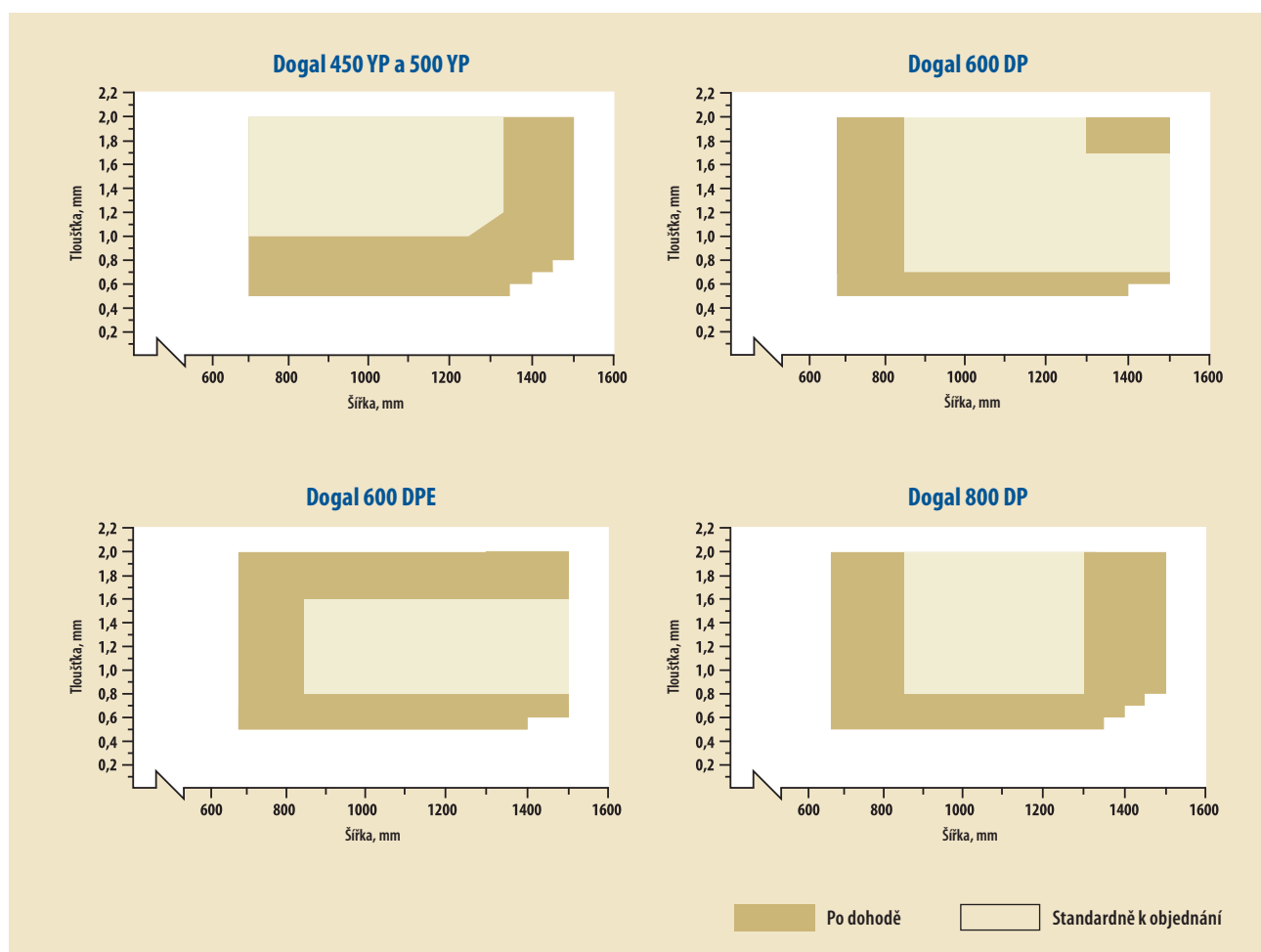
(sloupec pro jednotlivé vzorky). Hmotnost povlaku může být změřena i jinými způsoby, které zaručí, že požadavky na hmotnost budou dodrženy. V případě jakékoli nesrovnalosti bude hmotnost stanovena v souladu s výše uvedenou EN normou.

Vzhled povrchu

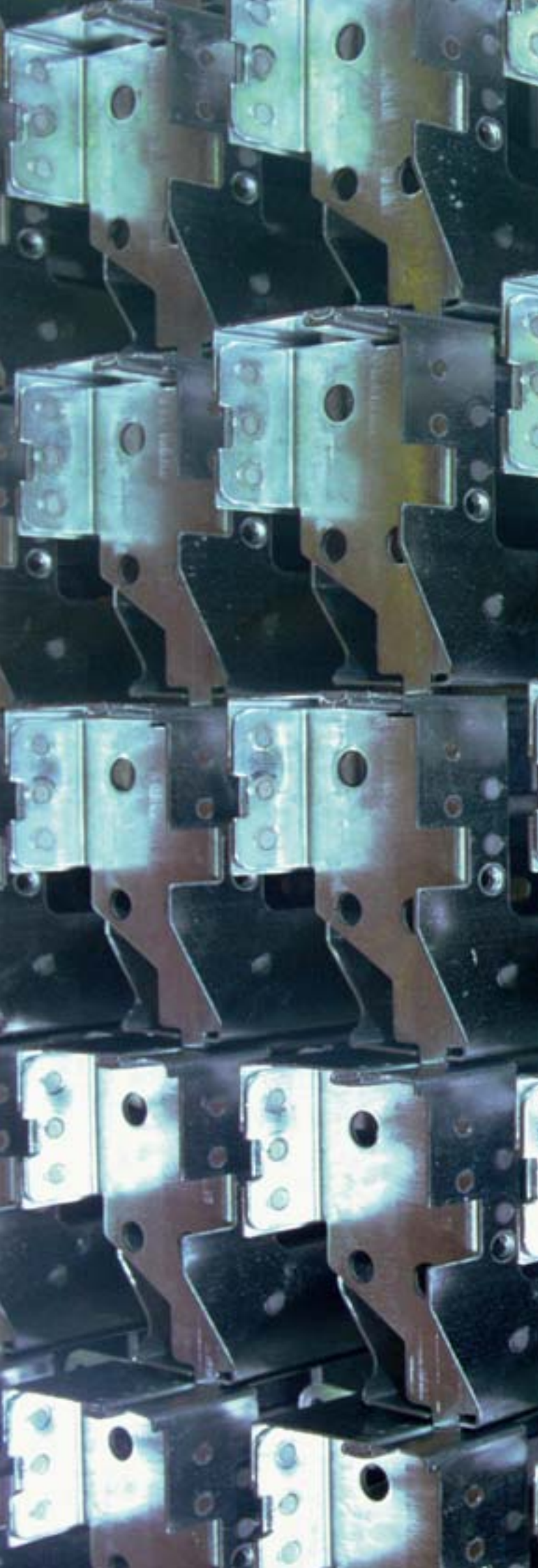
Oceli Dogal DP se vyrábějí s povrchem upraveným hladicím válcováním.

Kvalita povrchu

Oceli Dogal DP mohou být dodány s normálním povrchem (A) nebo vylepšeným povrchem (B).



Obr. 2



Povrchové zušlechťování

Oceli Dogal® jsou v průběhu výroby vždycky opatřeny povrchovou ochranou, pokud není dohodnuto jinak. Trvanlivost ochrany je závislá na okolním prostředí v průběhu skladování a transportu.

Existují 4 typy povrchové ochrany.

Chemická pasivace (C) chrání povrch proti vlhku a snižuje nebezpečí

vzniku bílé koroze v průběhu skladování a transportu. Chemická pasivace může někdy vyvolat vznik barevných skvrn, které ovšem nesnižují kvalitu oceli a nejsou na závadu použití.

Olejšování (O) snižuje nebezpečí vzniku bílé koroze, ale v mnohem menší míře, než chemická pasivace. Olejová vrstva je odstranitelná pomocí odmašťovačů, bez poškození povrchu.

Tolerance šířky

Plechý střížené na míru a svítky, v souladu s normou EN 10 143/93.

Nominální šířka, mm	Tolerance, mm	
	Standardní	Speciální
650–1 200	0/+5	0/+2
1 201–1 500	0/+6	0/+2

Tab. 4

Příměst

Podle normy EN 10 143/93.

Měřená délka mm	q, mm max
2 000	6

Tab. 5 Pro délky menší než 2 m nepřesáhne odchylka od příměst hran 0,3 % skutečné délky.

Pravouhlost

Plechý dělené příčně (u), v souladu s normou EN 10 143/93.

Maximální odchylka = 1 % šířky plechu

Tab. 6

Rovinnost

Maximální odchylka mezi plechem a rovinou plochy, na které je plech položen, v souladu s normou EN 10 143/93.

Nominální tloušťka mm	Šířka mm	Max. odchylka mm
<0,70	<1 200	8
	1 200–1 500	9
(0,70)–1,20	<1 200	6
	(1 200)–1 500	8
(1,20)–2,00	<1 200	5
	(1 200)–1 500	6

Tab. 7 Tolerance se použije též u plechu příčně děleného ze svítku (ve firmě zákazníkovi) v případě, že rovnání je prováděno na odpovídajícím rovnacím zařízení.

Chemická pasivace a olejování (CO) je kombinace, která zvyšuje ochranu povrchu před korozí a je možná na základě dohody.

Oceli Dogal® mohou být taktéž dodány *bez povrchové úpravy (U)*. Vzhledem k tomu, že tento stav zvyšuje nebezpečí vzniku bílé koroze, SSAB Tunnplåt dodává takovou ocel pouze na základě požadavku zákazníka a na jeho vlastní riziko.

Tolerance tloušťky (včetně pokovení)

Nominální tloušťka	Normální tolerance pro nominální šířky		Speciální tolerance pro nominální šířky	
	≤ 1200	> 1200 ≤ 1500	≤ 1200	> 1200 ≤ 1500
≤ 0,40	±0,06	±0,07	±0,04	±0,05
> 0,40 ≤ 0,60	±0,07	±0,08	±0,05	±0,06
> 0,60 ≤ 0,80	±0,08	±0,09	±0,06	±0,07
> 0,80 ≤ 1,00	±0,09	±0,11	±0,07	±0,08
> 1,00 ≤ 1,20	±0,11	±0,12	±0,08	±0,09
> 1,20 ≤ 1,60	±0,13	±0,14	±0,09	±0,11
> 1,60 ≤ 2,00	±0,15	±0,15	±0,11	±0,12

Tab. 8 Platí pro oceli s mezi kluzu ≥ 280 N/mm² podle normy EN 10 143/93.

Tolerance délky

Plechý dělené příčně, v souladu s normou EN 10 143/93.

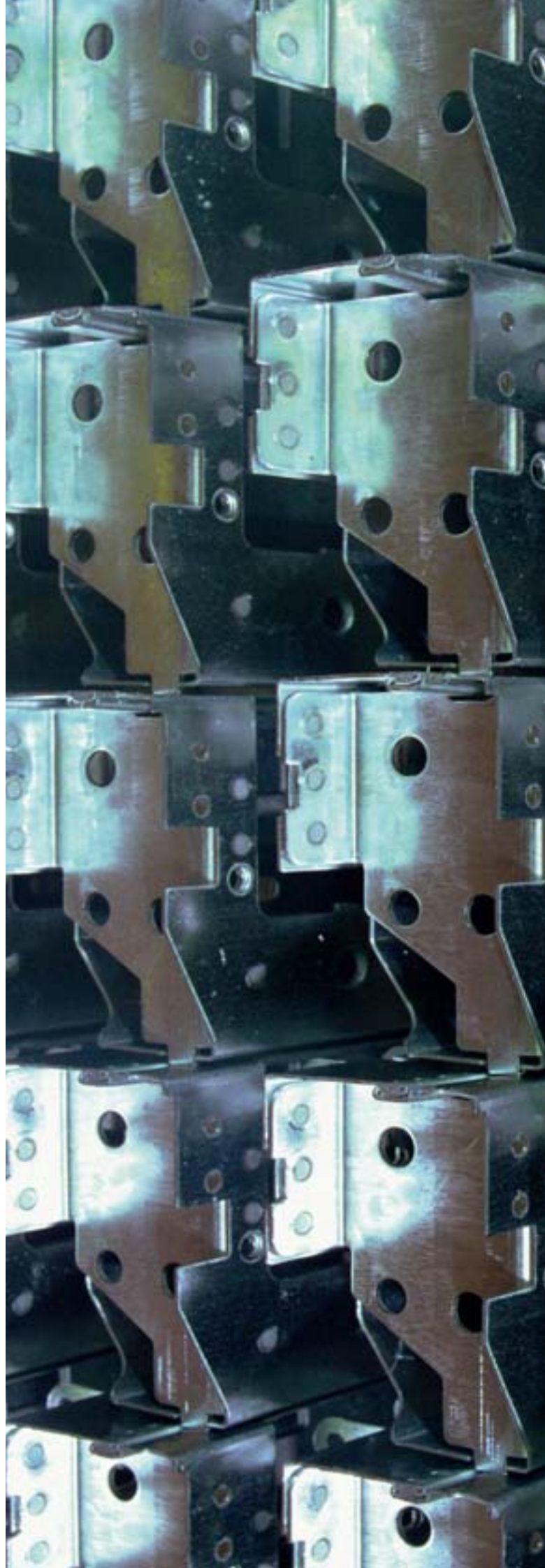
Nominální délka (L) mm	Normální		Speciální (S)	
	minus mm	plus mm	minus mm	plus mm
< 2 000	0	6	0	3
≥ 2 000	0	0,003 × L	0	0,0015 × L

Tab. 9

Zinkování

Hmotnostní třída	Tloušťka vrstvy na stranu * μm min	Stanovení hmotnosti obou stran, g/m ²	
		Tři vzorky min	Jednotlivý vzorek min
Z 100	(7)	100	85
Z 140	(10)	140	120
Z 200	(14)	200	170
Z 275	(20)	275	235

Tab. 10 Materiál musí být pokovován v souladu s některou z hmotnostních tříd, uvedených v následujících tabulkách.
*) Vypočteno z minimálních hodnot pro (tři vzorky) zkoušku na hmotnost povlaku (1 μm = 7,14 g/m²).



Technické vlastnosti

Stříhání a děrování

Stříhání vysokopevnostního materiálu musí být přizpůsobeno tvrdosti a tloušťce oceli a pevnosti ve stříhu. Dále pak konstrukčnímu řešení, pevnosti a opotřebení strojních nůžek nebo používaného stříhacího zařízení. Správná střížná vůle u čelisti nůžek je obzvláště důležitá. Střížnou vůli určuje tloušťka plechu, pevnost plechu a požadavek na vzhled stříhaných hran. Čím silnější je materiál a vyšší pevnost, tím větší musí být střížná vůle. Pro měkké a střeň pevné oceli se běžně používá střížná vůle na úrovni cca 6 % tloušťky plechu. Pro oceli Dogal DP se doporučuje použití střížné vůle ve výši 8–10 % tloušťky plechu. Větší střížná vůle ovlivňuje vzhled střížné plochy, ale také poněkud větší překlopnou zónu zaoblení.

Střížnou sílu v Newtonech lze vypočítat z následující rovnice:

$$F = \frac{K_{sk} \cdot t^2}{2 \cdot \tan \beta}$$

F = střížná síla (N)
 K_{sk} = pevnost ve stříhu
(e krát pevnost v tahu)
 β = řezný úhel ve strojních nůžkách
 t = tloušťka plechu

Faktor e se mění s pevností v tahu. Měkké oceli, jako Dogal F 30 má $e = 0,8$, zatímco Dogal 800 DP má $e = 0,6$. Potřebná střížná síla roste s pevností v tahu. Když přejdeme z měkké oceli na vysokopevnostní ocel, dojde obvykle k redukci tloušťky materiálu a potřebná střížná síla je tím podstatně snížena. Zkosený razník může snížit potřebnou sílu až na 50 %.

Střížná vůle je velmi důležitá pro opotřebení během děrování. Menší vůle zvyšuje opotřebení nožů, takže jejich ostření musí být častější.

Řezání laserem

Díly vyrobené z oceli Dogal DP mohou mít často složitý geometrický tvar. Takový geometrický tvar může být realizován bezprostředně řezáním laserem, aniž by bylo nezbytné jakékoliv další opracování. Řezání laserem umožňuje velmi vysokou kvalitu řezání, co se týká hran a rozměrové přesnosti. Aby bylo dosaženo perfektního řezu je zapotřebí velmi kvalitní zařízení, dobré střížné parametry a také dobrý materiál obrobku.

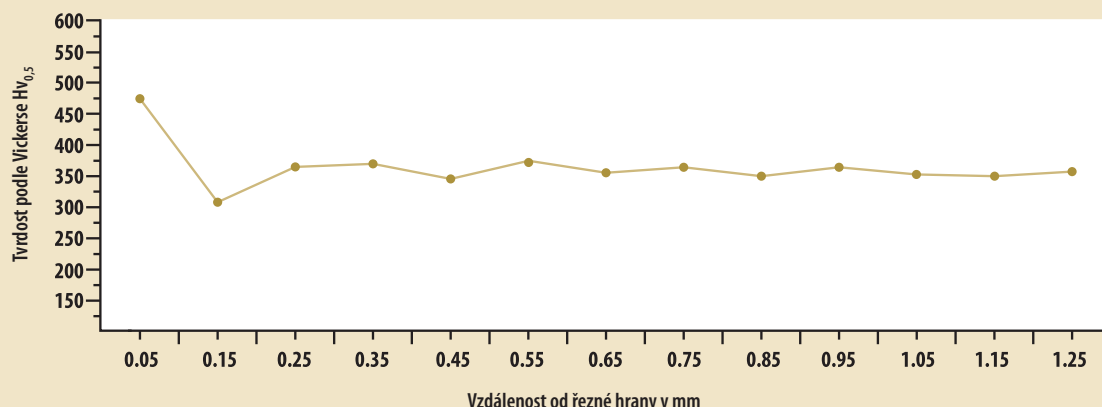
Výsledky testu

Řezání laserem získalo v posledních letech na popularitě. SSAB Tunnpłat proto provedl studie o vlivu řezání laserem na ocel Dogal 800 DP. Vycházel jednak z vlastního výzkumu, ale také ze zkušeností firem, používajících řezání laserem. Výsledky těchto studií mohou být shrnuty v následujících bodech:

- U oceli Dogal DP bylo dosaženo nejlepších výsledků při použití stejného řezného plynu (N_2) a parametrů, jaké se používají pro nerez oceli.
- Oceli Dogal DP odpovídají měřítkům jedné z nejvyšších tříd podle normy EN ISO 9013. Tato norma platí jak pro povrch, tak kuželovitost.
- Oceli Dogal DP neobsahují makro-vměstky, které by mohly mít nežádoucí vliv na výsledky řezání.
- Změny v tvrdosti se objevují pouze v úzké zóně, nejbližší hraně plechu. Teplem ovlivněná zóna, vznikající při laserovém řezání, je velmi úzká (viz obr. 3) a je tak blízko hraně, že bude eliminována následným svařováním.



Křivka tvrdosti po laserovém řezání oceli Dogal DP



Obr. 3

Tváření

Oceli Dogal DP, přestože jsou velice tvrdé, mají dobrou tvařitelnost a mohou být tvářeny tradičními způsoby. Mírně horší tvařitelnost, ve srovnání s měkkými oceli, může být téměř vždy kompenzována přizpůsobením konstrukčního řešení komponentu. Oceli Dogal DP mají velmi dobré vlastnosti v oblasti mechanického zpevňování a to je nejdůležitější důvod dobré tvařitelnosti těchto materiálů.

Když srovnáme oceli Dogal DP a Dogal YP

o stejné pevnosti (dokonce s lepší tažností), zjistíme, že oceli Dogal DP mají stejnou nebo lepší tvařitelnost. Tažnost hran ocelí YP bude o něco lepší než u ocelí DP.

Tváření tažením

Při tváření tažením je materiál sevřený přidržovačem a všechny plastické deformace vznikají přes razidlo. Materiál je vystaven dvouosému zatížení, jehož výsledkem je snížení tloušťky. Jestliže je lokální deformace příliš velká, pak dochází k porušení

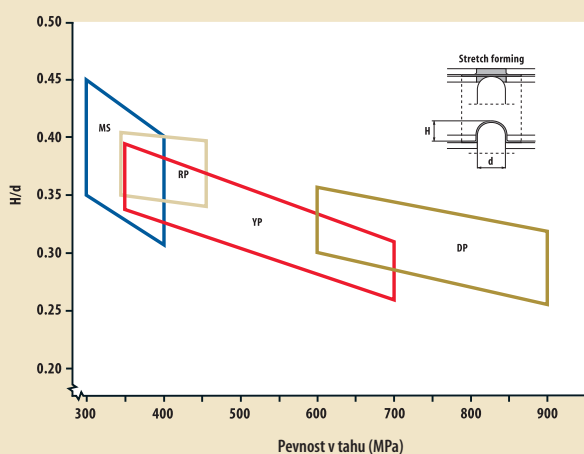
materiálu. Vlastnosti, vznikající při tváření tažením, závisí zejména na schopnosti materiálu přerozdělit napětí. Existuje těsná souvislost mezi tvářením tažením a deformačním zpevňováním, tzn. čím větší deformační zpevnění materiálu, tím lepší rozdělení napětí a tím lepší tažné vlastnosti. Poněvadž oceli Dogal DP prochází velkým mechanickým zpevňováním, má také materiál lepší tažné vlastnosti, než jiné oceli o srovnatelné pevnosti.

Hluboké tažení

Hluboké tažení znamená, že celý výlisek nebo jeho větší část se protlačí přes razidlo, přičemž tlak přidržovače je nastavený tak, aby se zabránilo vlnění materiálu. Schopnost materiálu vydržet tažení je v podstatě určena dvěma faktory:

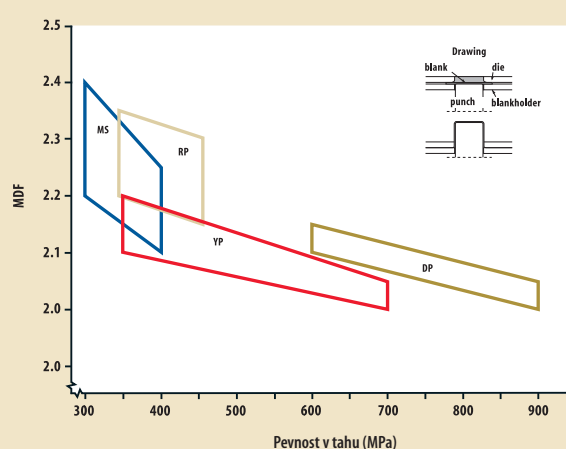
- Schopnost materiálu být plasticky deformován v rovině plechu, tzn. jak snadno obruba materiálu prochází a mění se do obvodového materiálu během tažení.

Tváření tažením



Obr. 4 Tvařitelnost tažením, H/d , jako funkce pevnosti v tahu u měkkých ocelí (MS) a ocelí Dogal YP, RP a DP. Na obrázku je vidět dobrá schopnost Dogal DP pro tváření tažením u ocelí.

Hluboké tažení



Obr. 5 Ukazatel mezní tažitelnosti (LDR) jako funkce pevnosti v tahu u měkkých ocelí (MS) a ocelí Dogal YP, RP a DP.



Obrázky ukazují dobrou tažitelnost ocelí Dugal DP.

- Obvodový materiál musí být schopen vydržet plastickou deformaci ve směru tloušťky, aby nebezpečí porušení materiálu bylo co nejmenší. Tažnost ocelí Dugal DP je stejně dobrá, a často ještě lepší, než tažnost jiných ocelí o srovnatelné pevnosti.

Obrubování plechů

Poměr mezi průměrem díry před a po obrubení je znám jako poměr obrubení. Výlisek by měl být umístěn tak, aby střížný otřep směřoval k razidlu. To proto, že vnější vlákna materiálu nesou nejtěžší deformaci, a že tváření za studena během stříhání, snižuje tvárnost řezané hrany. Jelikož vnější vlákna u tenkého materiálu se deformují méně, než u silného materiálu, může tenký materiál vydržet větší obrubení než silnější materiál při stejném vnitřním průměru obrubované díry.

Ohýbání

Při ohýbání ohybový moment působí na plech, vnější část plechu pak pro-

chází tahovou deformací, zatímco vnitřní část plechu prochází kompresí. Ohýbatelnost u ocelí Dugal DP je dobrá. Je stejně dobrá nebo dokonce lepší, než u jiných materiálů stejné pevnosti. Je-li to možné, pak se vyhněte ohýbání a následnému znovu ohýbání oceli Dugal 800 DP, jelikož tento proces zvyšuje riziko prasknutí materiálu.

Tváření válcováním

Tváření válcováním je metoda velmi vhodná pro oceli Dugal DP. Tato metoda má menší požadavky na materiál, než je tomu u tlakového ohýbání. Umožňuje proto výrobu složitých profilů a s malými poloměry. Válcování může být kombinováno se simultánními nebo následnými procesy, jako je ražení, svařování a ohýbání. Díky velké pevnosti ocelí Dugal DP je jejich odpružení větší než u ocelí měkkých, což se taktéž využívá při tváření válcováním. Jestliže použijeme tuto metodu pro oceli Dugal DP, musí se výrobní linka, původně určená

pro měkký materiál, upravit tak, aby vyhovovala vyšší pevnosti ocelí Dugal DP.

Křivky tahové zkoušky

Křivky z běžné tahové zkoušky jsou použitelné pro různé typy analýz. Např. Finite Element Method (FEM) – metoda konečných prvků, tj. pro výpočet nosnosti nebo absorpce energie navrhované součásti. U skutečných křivek napětí/deformace, se napětí a deformace během testování snižují. Oceli o vyšší pevnosti budou odolné většímu napětí pro danou deformaci.

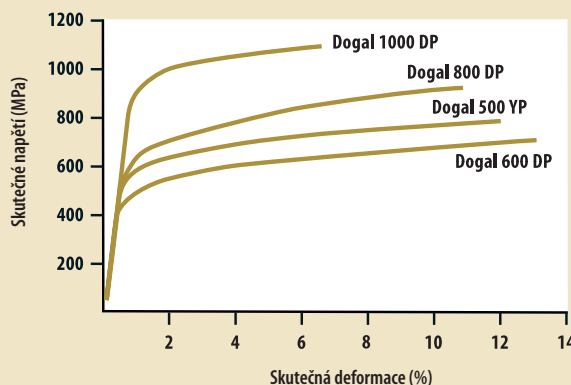
Křivky mezní tvařitelnosti

Mezní křivka tváření (FLC) ukazuje množství deformace, kterou materiál může vydržet v určitém stupni deformace anebo ukazuje předpoklad pro vznik deformace. Křivka mezní tvařitelnosti může být použita k dokumentaci nebo jako pomůcka při řešení obtížných lisovacích operací. Souřadnicová mříž

Válcováním tvářený profil z oceli Dugal DP.



Křivka tahové zkoušky



Obr. 6 Efekt mechanického zpevnění je jiný u ocelí YP a u ocelí DP. Např. Dogal 800 DP a 500 YP mají přibližně stejnou mez kluzu, zatímco u pevnosti v tahu je podstatný rozdíl. Tato skutečnost ovlivní mimo jiné kapacitu absorpce energie a tvařitelnost.

je vyleptaná na vzorku materiálu, který je následně lisován. Změna rozměrů se měří ve dvou směrech, tzn. tam, kde je větší $\Sigma - \max$. a ve směru, který je k němu kolmý $\Sigma - \min$. Jestliže došlo k pozitivní změně v obou směrech, probíhá tváření tažením, což je na FLC grafu znázorněno vpravo od nulové čáry. Hodnoty se záporným $\Sigma - \min$. a kladným $\Sigma - \max$. jsou znázorněny nalevo od nulové čáry a označují proces tažení.

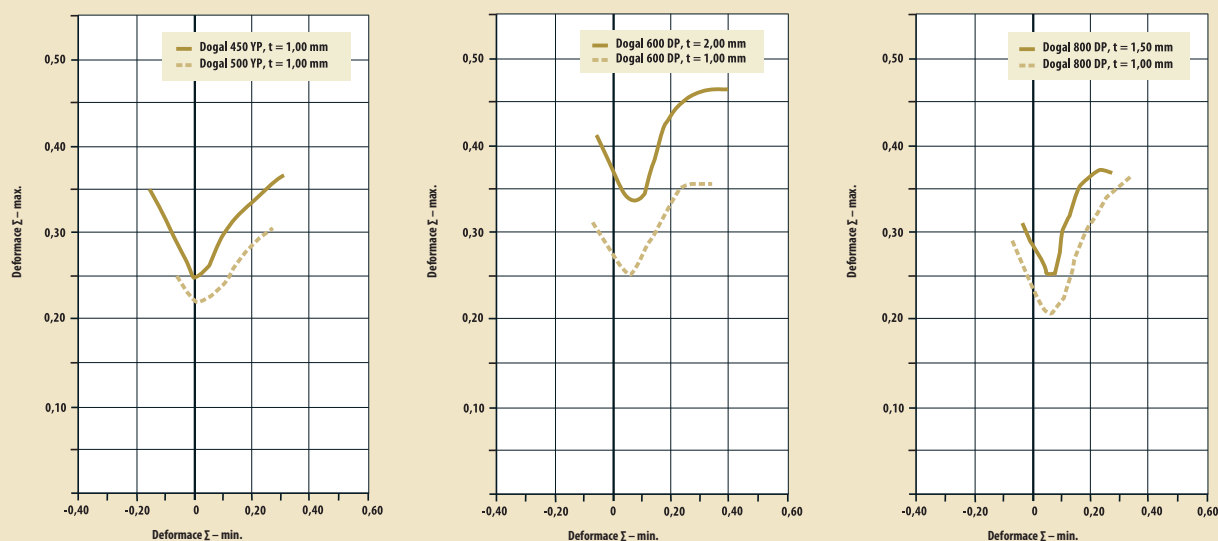
Křivky jsou závislé na tloušťce materiálu, musí být proto vždy znovu přepočteny na danou tloušťku použitého materiálu.

Výsledky pro daný proces lisování jsou na grafu zaznamenány a porovnány s materiálovou křivkou. Jestliže je výsledek pod křivkou, použitý materiál může vydržet deformaci.

Odpružení

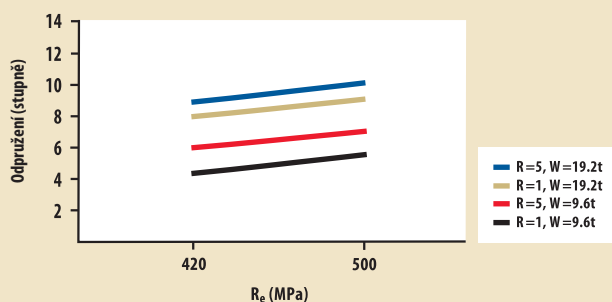
Odpružení stoupne při změně oceli, a to z měkké na vysokopevnostní. Odpružení je ovlivněno nejenom pevností materiálu, ale také použitým obráběcím zařízením. Zvýšení pevnosti, poloměr razidla (R) nebo šířka otevření nástroje (W) způsobí zvýšení odpružení. Snížení tloušťky taktéž zvýší odpružení pro daný poloměr.

Skutečná deformace pro oceli



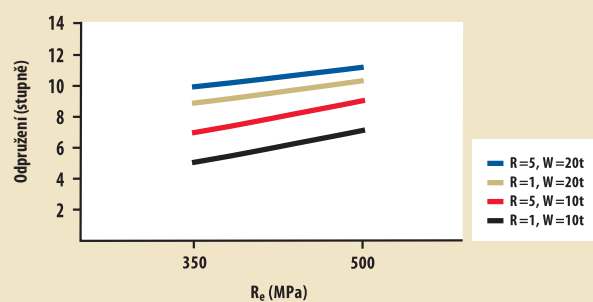
Obr. 7 t = tloušťka

Odpružení ocelí Dogal YP



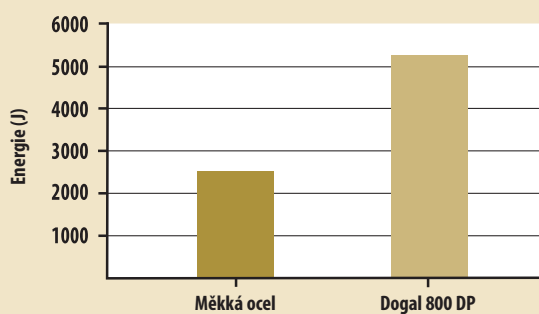
Obr. 8 Ohýbání přes 90 stupňů ($t = 1,25$ mm).

Odpružení ocelí Dogal DP



Obr. 9 Ohýbání přes 90 stupňů ($t = 1,20$ mm).

Absorpce energie u trubek, vyrobených z různých materiálů



Obr. 10 Diagram znázorňuje kapacitu absorpce energie u pravoúhlých trubek o tloušťce 60×60×1,2 mm. Trubky byly stlačeny o 150 mm při nízké rychlosti. Bylo absorbováno 5 200 J, což odpovídá energii 100 kg, padajících z výšky 5,3 metrů.



Rozmačkaný profil z oceli Dogal 800 DP.

Odpružení může být kompenzováno zvýšenou plastickou deformací materiálu při ohybu. Toho může být dosaženo „přehnutím“ materiálu nebo zmenšením poloměru razidla nebo šířky otevření nástroje. Odpružení také může být sníženo aplikací výtuh.

Výroba trubek a tváření válcováním

Výroba trubek a tváření válcováním jsou typické procesy, při kterých mohou být dobře využity vlastnosti oceli Dogal DP. Při těchto procesech probíhá kontrovaná deformace, která zvyšuje mez kluzu a pevnost v tahu finálních součástí. Jelikož velikost deformace je známa a pod kontrolou, zvýšení pevnosti může být využito při konstrukčním návrhu finálních součástí. Jestliže jsou finální díly tepelně zpracovány, např. společně s povrchovou úpravou, dá se očekávat další zvýšení pevnosti.

Absorpce energie

Oceli Dogal DP jsou vhodné pro komponenty, navržené k absorbování energie. Ve srovnání s měkkou ocelí lze snížit tloušťku plechu, což znamená přínos z hlediska ekonomického i environmentálního. Geometrie příčného řezu, pevnost materiálu a tloušťka plechu jsou hlavními faktory, které společně určují kapacitu absorpce energie. Zaměníme-li měkkou ocel za ocel o vyšší pevnosti, musíme pak přizpůsobit geometrii příčného řezu a tloušťku

plechu, aby mohly být plně využity vlastnosti materiálu. Oceli Dogal DP mají vysoké deformační zpevnění, a proto pevnost materiálu v průběhu tváření bude stoupat. To je dobře využitelné např. při srážce silničního vozidla (při malé rychlosti), kdy je energie spotřebována elastickou deformací materiálu. Pevnost materiálu stoupá také při vysokých rychlostech deformace.

Kapacitu absorpce energie komponentu nebo celého systému lze odhadnout analýzou konečných prvků (FEA). Tento způsob umožní prozkoumat vliv různých faktorů s cílem optimalizovat systém. Pro zlepšení přesnosti simulace mohou být také zahrnuty účinky deformačního zpevnění, tepelného vytvrzování a rychlost deformace. Křivky napětí/deformace pro oceli Dogal DP, coby vstupní veličiny při simulaci nárazu, jsou ke stažení z SSAB Steelfacts na webové stránce www.ssabdirect.com. Kapacita absorpce energie by měla být vždy ověřena testováním buď jednoho komponentu nebo celého systému.

Odolnost vůči otřesům a nárazům

Velké ocelové plechy vystavené otřesům a nárazům, způsobují vážné nebezpečí pro vznik permanentních deformací. Např. dveře automobilů musí být schopny vydržet mírný otřes a nárazové zatížení, aniž by došlo k jejich trvalé deformaci. Mez kluzu materiálu určuje odpor



Profily pro výztuhu dveří z oceli Dogal 800 DP.

plochy plechu vůči nárazu. Obrázek (11) ukazuje relativní tloušťku, při které ocel Dogal DP má rovnocennou nebo stejnou odolnost vůči otřesu a nárazu jako měkká ocel (mez kluzu 220 N/mm²). Jinak řečeno, jak mnoho materiálu může být ušetřeno při použití oceli Dogal DP.

Únava materiálu

Dobré využití vysoko-pevnostních ocelí vychází z pečlivé analýzy únavové námahy, tj. forma a počet zatěžovacích cyklů v zatěžovém spektru, společně s dobrým konstrukčním řešením, např. nízký koncentrátor napětí u spojů. Jestliže předpokládáme, že zatěžová amplituda bude v maximální hodnotě konstantní, pak ve výsledku bude podstatně překročena, jelikož komponenty jsou reálně vystaveny zatěžením proměnných amplitud (malé zatěžové spektrum). Čím slabší zatěžové spektrum a menší počet zatěžovacích cyklů, tím přínosnější bude použití vysoko-pevnostních ocelí, dokonce i svařovaných.

Dobrá konstrukční řešení:

- Použijte skořepinový efekt (skin effect), kdykoliv je to možné.
- Zjistěte jednotné rozdělení zatížení v celé konstrukci.
- Vyhněte se náhlým změnám tuhosti nebo nenadálým změnám v průřezu.
- Způsob, kterým je zatížení uplatněno, bývá často rozhodující – nutno navrhovat uvážlivě.
- Ujistěte se, že svařované spoje jsou správně situované a navržené.
- Je nutno vyhnout se kumulaci koncentrátů napětí v celé konstrukci.
- Ujistěte se, že kvalita svaru je dobrá (kvalita výroby musí být přísně kontrolována)

Dobré konstrukční řešení, pro tenké plechy z materiálů jako jsou oceli Dogal DP, zahrnuje:

- Použití výztuží (jako jsou drážky a zesílené okraje), aby působily proti vyboulení, a tak rozšířily možnosti využití materiálu.
- Použití výztuží k zabránění vzniku místního ohybu plechu, např. při použití zatěžovacích bodů.
- Zvětšování průměrů bodových svarů a snižování rozestupů mezi nimi za účelem snížení napětí ve svaru a tím zvýšení únavové pevnosti v celé konstrukci.
- Spojení svařovaných bodů s lepenými spoji (svarové spojení) za účelem zvýšení únavové pevnosti.
- Použití laserem svaře-

ných spojů, jelikož mají mnohem větší únavovou pevnost než bodové svary.

Svařování vysoko-pevnostních ocelí Dogal®

Svařovací metody, které mohou být použity pro pozinkované oceli, jsou téměř stejné jako ty, které se používají pro svařování za studena válcovaných ocelí. Aby byly zaručeny nejlepší možné výsledky, je nutno změnit jeden z faktorů, a to jsou svařovací parametry.

V automobilovém průmyslu je nejobvyklejší metodou odporové svařování a zejména bodové svařování. V současné době se mechanické spojování stává stále běžnější metodou, protože stoupá vývoj těchto nových spojovacích metod. MAG je tavné svařování, které se běžně používá při svařování pozinkovaných ocelí.

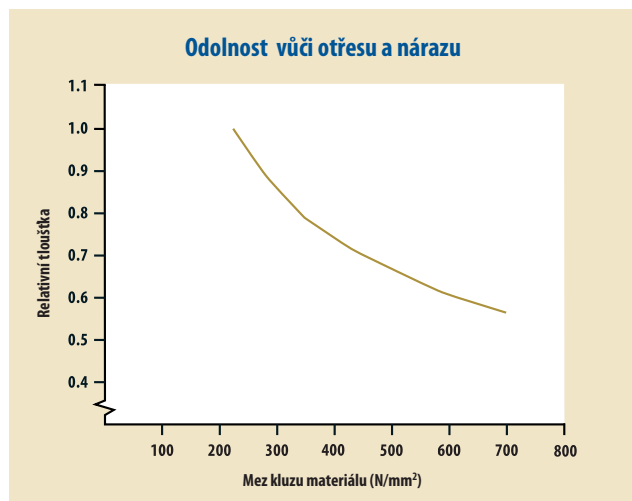
Bodové svařování

Pro bodové svařování vysoko-pevnostních ocelí Dogal® doporučujeme stejný typ Cu Cr Zr elektrod, jako jsou ty, které se používají pro nepokované oceli (A2 podle normy ISO 5182).

Stejným způsobem při změně svařovacích parametrů platí, že to, co se doporučuje pro měkké pozinkované oceli, se stejně tak doporučuje pro vysoko-pevnostní oceli Dogal:

- Větší tlak elektrody (přibližně 20–70 %).
- Delší doba svařování (přibližně 20–50 %).
- Větší svařovací proud (až do 50 %).

Rozdíl mezi vysoko-pevnostní a měkkou



Obr. 11



pozinkovanou ocelí je ten, že tlak elektrody a čas svařování musí být pro vysokopevnostní oceli větší. Výsledky měření přípustných aktuálních hodnot (viz. tabulka 11), které ovlivňují dobrou kvalitu bodového svařování u ocelí Dogal®, jsou uvedeny v tabulce níže.

Pevnost bodových svarů

Pevnost ve stříhu u bodových svarů ocelí Dogal DP je větší, než u ocelí nižší pevnosti. Pevnost ve stříhu stoupá se stoupající pevností oceli, která je svařována. Pevnost bodových svarů při odlupování je menší než pevnost ve stříhu, a proto je nejlepší navrhnout produkt, který bude bodově svařován, pro napětí ve stříhu. V tomto případě bude lépe využito vysokopevnostní oceli Dogal®.

Tavné svařování

Nejběžnější svařovací metodou pro pozinkovanou ocel je MAG svařování. Někdy je také možno použít MMA svařování. V automobilovém průmyslu se také běžně používá svařování laserem. Svařování TIG může být problematické, neboť oxid

zinku z výparů může ulpět na elektrodě a způsobit špatnou stabilitu oblouku a špatnou kvalitu svaru. Nejlepším řešením z pohledu svařování je obrousit vrstvu zinku. Abychom udrželi odolnost vůči korozi i po svařování, bez ohledu na to, zda pokování bylo obroušeno či nikoliv, je zapotřebí jakési antikorozi ošetření, jako například nátěr barvou s velkým obsahem zinku. Jestliže není možné odstranit pokování, doporučujeme jednu nebo více z následujících možností:

- Provést nejtenčí možné pokování.
- Snížit rychlost svařování.
- Při použití MAG svařování použít plyn s vysokým obsahem CO₂.
- Využít úzkou šterbinu mezi plechy.
- Nastříkat na plechy neprskavý olej ještě před svařováním.
- Při MAG svařování použít dutý drát, určený speciálně pro svařování pozinkovaných ocelí.
- Použít MIG tvrdé pájení s měděným drátem.

Pevnost MAG svarů

Při svařování pozinkované oceli metodou MAG

Měřené povolené hodnoty při bodovém svařování vysokopevnostních ocelí Dogal

Ocel 1	Ocel 2	Tloušťka Ocel 1/ocel 2 (mm)	Svařovací hodnoty					Povolený proudový rozsah ¹⁾		Chyba
			Průměr elektrody (mm)	Síla elektrody (N)	Doba stlačení (cykly)	Doba chlazení (cykly)	Doba svařování (cykly)	Rozsah kA	Min.–Max. kA	
Dogal 450 YP ²⁾	Dogal 450 YP	2,0/2,0	8,0	5 000	30	10	20	1,5	9,4–10,9	Full plug
Dogal 500 YP ²⁾	Dogal 500 YP	1,5/1,5	6,0	4 000	99	10	23	1,2	6,2–7,4	Full plug
Dogal 600 DP ²⁾	Dogal 600 DP	1,0/1,0	6,0	3 500	99	10	14	1,3	7,6–8,9	Full plug
Dogal 600 DP ²⁾	Dogal 600 DP	1,5/1,5	6,0	4 500	30	20	19	2,0	6,9–8,9	Full plug
Dogal 800 DP ²⁾	Dogal 800 DP	1,2/1,2	6,0	4 000	99	10	18	1,7	6,7–8,4	Full plug
Dogal 800 DP ³⁾	Dogal 800 DP	1,5/1,5	8,0	4 000	30	10	17	3,0	9,8–12,8	Full plug

Tab. 11 ¹⁾ Min. hodnota: Průměr kolíku = 70 % × průměr hrotu elektrody. Max. hodnota: Nejvyšší bez cákanců. ²⁾ Tloušťka vrstvy Z100, 7 µm (obě oceli). ³⁾ Tloušťka vrstvy Z140, 10 µm (obě oceli).



Výsledky MAG svaření přeplátovaného spoje u vysokopevnostních ocelí Dogal									
Značka	Tloušťka plechu mm	Tloušťka zinku μm	Svarový kov	Volt V	Proud A	Svařovací rychlost cm/min	RP _{0,2} MPa	R _m MPa	Pozn.
Dogal 450 YP	2,0	7	OK Autrod 12,51	18,1	91	36	342	509	odpovídající
Dogal 500 YP	1,5	7	OK Autrod 12,51	18,1	89	50	446	567	odpovídající
Dogal 800 DP	1,2	7	OK Autrod 12,51	15,8	62	25	586	838	neodpovídající
Dogal 800 DP	1,2	7	OK Autrod 13,31	17,6	84	43	486	766	odpovídající
Dogal 450 YP	2,0	7	Safdual Zn	15,2	122	50	330	500	trubkový drát
Dogal 500 YP	1,5	7	Safdual Zn	15,3	121	60	493	541	trubkový drát
Dogal 600 DP	1,2	20	Safdual Zn	14,7	132	80	500	628	trubkový drát
Dogal 800 DP	1,0	20	Safdual Zn	14,6	129	80	590	725	trubkový drát
Dogal 600 DP	1,2	20	OK Autrod 19,40	15,4	80	43	220	258	MIG tvrdé pájení
Dogal 800 DP	1,0	20	OK Autrod 19,40	15,4	74	43	269	403	MIG tvrdé pájení

Tab. 12

je kvalita svaru jedním z nejdůležitějších faktorů, který určuje pevnost svařeného spoje. Pórovitost svaru stoupá s rostoucí vrstvou zinku. Je proto důležité použít svarový kov, který dává malou pórovitost a minimum cákanců. To je mnohem důležitější než použití odpovídajícího svarového kovu. V tabulce jsou uvedeny výsledky použití různých typů svarových kovů při svařování ocelí Dogal® metodou MAG.

Svařování laserem

Svařování laserem je možno použít pro spojování ocelí Dogal®. Jak pro montážní svařování, tak pro zakázkově (na zakázku dělané) svařované výlisky. Přeplátované spoje se běžně používají pro montážní

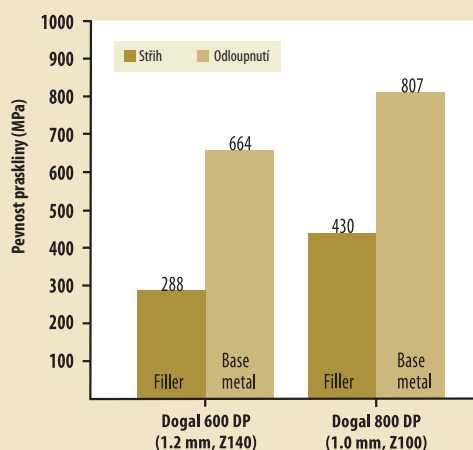
svařování. Typ svaru je buď konvenční, se 100 % penetrací do obou plechů, nebo lemový svar. Laserové svařování ocelí Dogal® je prováděno stejným způsobem jako u měkkých ocelí, avšak upínací síly, potřebné pro dobré spojení jsou obvykle o něco větší u ocelí Dogal®, než u měkkých ocelí. Abychom dosáhli dobrých výsledků při laserovém svařování přeplátovaných spojů u ocelí Dogal®, doporučuje se malá mezera, cca 0,1–0,2 mm mezi plechy, stejně jako u pozinkovaných měkkých ocelí. Tímto způsobem budou zinkové výpary ze svarové lázně unikát a nedojde k vytvoření pórovitosti a jiným defektům. Větší mezera není vhodná, neboť zvyšuje riziko podříznutí

na horní straně svaru. Oceli Dogal® mohou být použity pro zakázkově svařované výlisky. V takovém případě se používá laserové svařování na tupo. Příprava hran na ocelích Dogal® je pak stejná, jako u pozinkovaných měkkých ocelí. V obou případech vysoká kvalita hran a dobré nastavení je předpokladem dobrých výsledků laserového svařování. Jestliže na zakázku svařovaný produkt má být následně tvářen, pak se běžně provádí test na roztážnost (Erichsen cup test) pro zhodnocení tvářitelnosti laserového svaru. Všechny oceli Dogal® zaznamenaly vysoká Erichsenova čísla (Erichsen číslo = roztážnost svaru/roztážnost původního kovu). Viz tabulka 13.

Tvářitelnost laserových svarů u zdokonalených vysokopevnostních ocelí Dogal® (Erichsen test)				
Značka oceli	Tloušťka plechu mm	Výkon laseru kW	Svařovací rychlost m/min	Erichsenovo číslo ¹⁾
Dogal 450 YP	1,9	2,6	2,0	0,78
Dogal 600 DP, Z 140	1,2	6,0	5,5	0,82
Dogal 800 DP, Z 100	1,2	6,0	10,0	0,82

Tab. 13 ¹⁾ Erichsenovo číslo = roztážnost svaru/roztážnost původního kovu

Statická pevnost DP ocelí natvrdo pájených metodou MIG



Obr. 12 Tahová zkouška stříhem (koutový svar překládaného spoje) a tahová zkouška na „odlupování“ (přírubové spojení) u ocelí Dogal 600 DP a Dogal 800 DP, natvrdo spájených metodou MIG. Svarový kov/ochranná atmosféra: SG-CuSi3/Ar.

MIG tvrdé pájení pozinkovaných ocelí DP

MIG tvrdé pájení lze použít pro spojování pozinkované vysokopevnostní oceli. Pro MIG tvrdé pájení může být použito stejné zařízení, jako pro MIG/MAG sváření. Měděný drát s nízkým bodem tavení se používá jako svarový kov společně s inertní ochrannou atmosférou.

Nejběžnějším svarovým kovem pro tvrdé pájení pozinkovaných ocelí je SG-CuSi3 (DIN 1733) a to proto, že není tvrdý a má širokou škálu bodu tavení, což snižuje riziko vzniku defektů během pájení. Tvrdé pájení MIG má ve srovnání se svařováním

MAG několik výhod:

- Nižší tepelný příkon.
- Menší deformace plechů.
- Méně cákanců a lepší vzhled svaru.

Jednou nevýhodou pájení MIG je poněkud malá pevnost svarového kovu. Výsledky tahové zkoušky a zkoušky na „odlupnutí“ (peel test) u ocelí Dogal 600 DP Z140 (1,2 mm tloušťka) a Dogal 800 DP Z100 (1,0 mm tloušťka) jsou uvedeny na obr. 12.

Pevnost přírubového spojení (peel test) je velice dobrá, prasklina se nachází na původním kovu. Pevnost překládaných spojů (zkouška stříhem) je menší, než pevnost původního kovu, a to díky malé pevnosti svarového kovu.



Koroze

Úvod

Kovy jsou obecně vystaveny ovzduší častěji, než jakémukoliv jinému korozivnímu prostředí. Atmosférická koroze je proces, který probíhá ve vrstvičce vody na povrchu kovu. Ta vrstva může být tak tenká, že není okem postřehnutelná. Hlavní atmosférické komponenty, které způsobují korozi, jsou kyslík (cca 20 %), voda (2,3 % při 20 °C) a kyslíčník uhličitý (0,03 %).

Vyskytují se také jiné korozivní složky, které jsou výsledkem přírodních procesů nebo lidských činností, např. kyslíčník siřičitý, saze, chlorid sodný, kyslíčníky dusíku atd. Faktory, jako směr převládajícího větru, teplota, dešťové srážky a pevné částice hrají také důležitou roli. Rychlost koroze stoupá s následujícími faktory:

- Vzestup relativní vlhkosti vzduchu.
- Kondenzace (když je povrch na nebo pod rosným bodem).
- Zvýšené znečištění atmosféry.

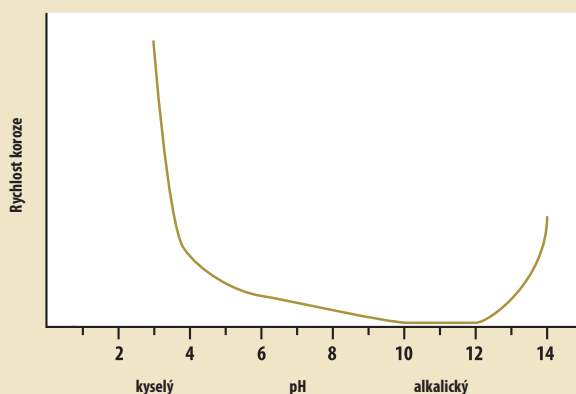
Zkušební ukázaly, že k podstatné korozi dochází, jestliže je relativní vlhkost vzduchu nad 80 % a teplota je nad 0 °C. Jakmile jsou přítomny znečišťující látky anebo hygroskopické soli, dojde ke korozi i při nižších vlhkostech. Pozink se používá po více než století jako ochrana oceli před korozi. Pozink je docela efektivní ve dvou směrech – jako ochranná bariéra a jako galvanická ochrana povrchu oceli. Koroze u ocelí Dogal® je určena odolností pozinku vůči korozi. Tato odolnost je stejná jako u žárově zinkovaných měkkých ocelí. Oceli Dogal DP tak mají stejnou odolnost vůči korozi jako jiné žárově zinkované oceli. Pozinky jsou efektivní při široké škále pH – mezi 4 a 12 (viz obr. 13), takže jsou vhodné jako ochrana jak do ovzduší, tak do různých vodních roztoků.

Atmosférická koroze

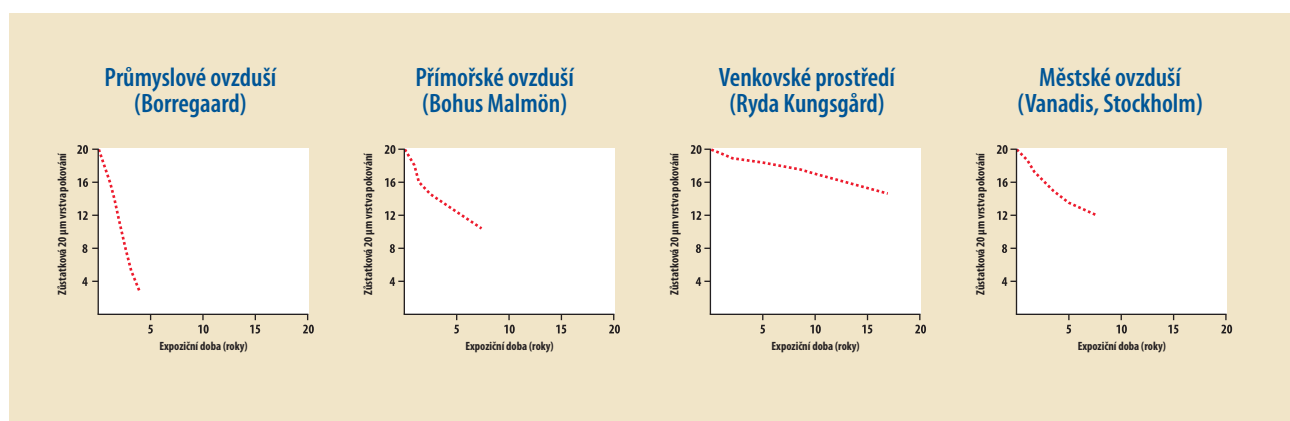
Swedish Corrosion Institute zkoumal dlouhotrvající antikorozi vlastnosti

ocelí Dogal® v různých prostředích. Výsledky jsou uvedeny na obr. 14. Použitá místa, kde byly testy prováděny, jsou klasifikovány v souladu s normou SS EN ISO 12 944-2 poté, co ocelové a zinkové panely byly po dobu 1 roku vystaveny povětrnostním vlivům. Hodnocení na základě nejnovějších údajů je uvedeno v tabulce 15. Norma SS EN ISO 12944-2 popisuje různá prostředí detailněji (viz tabulka 16). Prostředí je rozděleno do 5 kategorií, a to od velmi malé korozivnosti (C1), po velmi vysokou korozivnost (C5). Úbytek hmotnosti a průměrná ztráta tloušťky jsou stanoveny pro každou kategorii. Tyto hodnoty mohou být použity pro stanovení životnosti v určité korozivní kategorii (viz tabulka 16). V normě SS EN ISO 14 713 je kontinuálně žárově zinkovaná ocel Z 275s vrstvou zinku o tloušťce 20 μm/strana schválena v kategorii C2, což znamená minimálně 15 let životnosti.

Rychlost koroze ocelí Dogal® jako výsledek působení pH ve vodních roztocích



Obr. 13



Obr. 14

Klasifikace korozivnosti podle lokalit			
Lokalita	Prostředí	Uhlíková ocel	Zinek
Ryda	Venkovské	C2	C2
Stockholm, Vanadis	Městské	C2	C2
Borregaard	Průmyslové	C3	C4
Bohus Malmö	Přímořské	C5	C3

Tab. 14 Údaje z r. 2002 s výjimkou Borregaard, která jsou z r. 1995

Odhadovaná životnost oceli Dogal Z275										
Značka oceli	Odhadovaná životnost (roky)									
	C1		C2		C3		C4		C5	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
Dogal Z275	∞	∞	18	130	6	18	3	6	1	3

Tab. 15

Kategorie atmosférické korozivity				
Kategorie	Úbytek hmotnosti/jednotková plocha, úbytek tloušťky po 1 roce			
	Ocel		Zinek	
	Úbytek hmotnosti (g/m ²)	Úbytek tloušťky (µm)	Úbytek hmotnosti (g/m ²)	Úbytek tloušťky (µm)
• C1 (velmi nízká), uvnitř	≤10	≤1,3	≤0,7	≤0,1
• C2 (nízká), většinou venkov	>10 do 200	>1,3 do 25	>0,7 do 5	>0,1 do 0,7
• C3 (střední), města s malým nebo průměrným znečištěním	>200 do 400	>25 do 50	>5 do 15	>0,7 do 2,1
• C4 (vysoká), průmyslové a přímořské zóny s průměrným znečištěním	>400 do 650	>50 do 80	>15 do 30	>2,1 do 4,2
• C5 (velmi vysoká), průmyslové a přímořské zóny s vysokou vlhkostí a agresivním ovzduším	>650 do 1 500	>80 do 200	>30 do 60	>4,2 do 8,4

Tab. 16

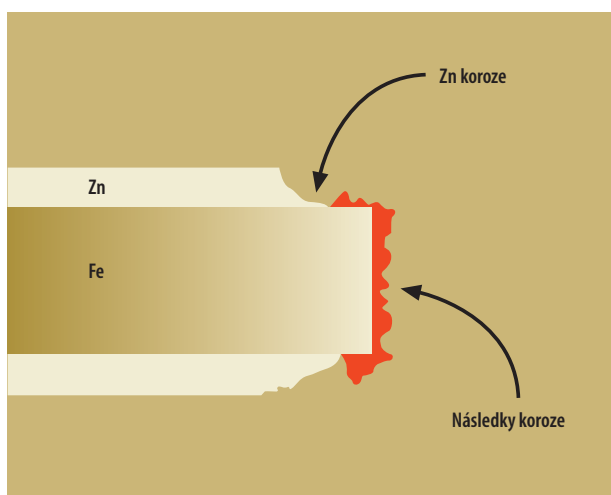
Koroze na střížených hranách

Střížená hrana u oceli Dogal® je schématicky znázorněna na obr. 15. Zinková vrstva je méně ušlechtilá než hrana oceli, a tak se stává anodou v galvanické vazbě, zatímco hrana oceli je katodou. Ochrana hrany závisí na agresivitě prostředí, tj. na vodivosti mokré vrstvičky na hraně, na tloušťce pokování a tloušťce oceli. Vodivost vrstvičky pokrývající hranu je řízena množstvím rozpuštěných solí. Vysoká vodivost zvyšuje ochranu řezné hrany a silnější ocelový plech může pak být chráněn. Čirá vodní vrstvička, např. vodní kondenzát, má velmi nízkou vodivost, což způsobuje malou ochranu hrany. Na řezné hraně se pak vzápětí vytvoří červená rez. Tento jev můžeme pozorovat na výrobku, který byl vystaven vysoké vlhkosti nebo kondenzaci v průběhu skladování nebo transportu. Vrstva zinku nemůže ochránit stříženou hranu, která je silnější než 1 nebo 2 mm. Dolní limit 1 mm se používá v prostředí, ve kterém je hrana vystavena vysoké vlhkosti nebo vodnímu kondenzátu (tj. malé vodivosti). Ve více znečištěném nebo na soli bohatém prostředí (tj. velká vodivost), může být ochrana zvýšena na 2 mm. Následkem ochrany, uvedené na obr. 15, se pokování začíná u hrany rozpouštět. Silnější vrstva by zřejmě poskytla ochranu po delší dobu (je k dispozici více materiálu). Šířka rozpouštějící se zóny je daná vodivostí mokré vrstvičky a schopností

objektu udržovat tuto zónu ve vlhku, např. spodní hrana vertikálního panelu nebo děrovaný panel horizontálně exponovaný.

Kompatibilita materiálů

Ke galvanické korozi může dojít, jestliže je ocel Dogal® v přímém elektrickém kontaktu a uzavře elektrický obvod s jiným kovem nebo slitinou. Poněvadž v takové dvojici je pozink obvykle tím méně ušlechtilým kovem (viz tabulka 17), stane se anodou a bude korodovat rychleji. V tabulce 17 je přehled běžných materiálů od ušlechtilých po méně ušlechtilé a situace, kdy se dva materiály spojí a anodou se stává méně ušlechtilý kov, který koroduje rychleji. Kritické kombinace s Dogalem jsou ty, kdy je Dogal® spojen s nejušlechtlejšími materiály. V takovém případě je hnací síla koroze velmi silná a koroze anodového materiálu (Dogal®) je mnohem rychlejší než v rozpojeném stavu. Ocel Dogal® by neměla být používána společně s olovem nebo mědí, včetně různých slitin obsahujících tyto prvky, jako např. mosaz. Také bychom měli předejít situaci, kdy voda odtéče z části obsahující měď na Dogal®. V takovém případě vyvoláváme korozi a vznik barevných skvrn. Kombinace s nerezavějící oceli nebo niklem v agresivním prostředí může být také riskantní. Dřevo je materiál, který může pohltit hodně vody a udržet vysokou vlhkost po dlouhou dobu. Spojením dřeva a oceli Dogal® se vytváří spára a vzniká bílá rez.



Obr. 15 Koroze hran u oceli Dogal®.

UŠLECHTILÝ

↑

MÉNĚ UŠLECHTILÝ

↓

	zlato
	grafit
	Stříbro
	nerezová ocel (pasivní*)
	měď
	nikl
	čín
	nerezová ocel (aktivní*)
	olovo
	ocel
	kadmium
	hliník
	hliník-zinek (aluzink)
	galvanizovaná ocel (Dogal®)
	zinek
	hořčík

* V pasivním stavu, materiál má na povrchu tlumící vrstvu oxidu.

Tato situace nenastává v aktivním stavu.

* V pasivním stavu, materiál má na povrchu tlumící vrstvu oxidu. Tato situace nenastává v aktivním stavu.

Tab. 17 Elektrochemická řada kovových materiálů.

Stejným způsobem vzniká bílá rez mezi plechy oceli během jejich skladování nebo během transportu ve vlhkém prostředí.

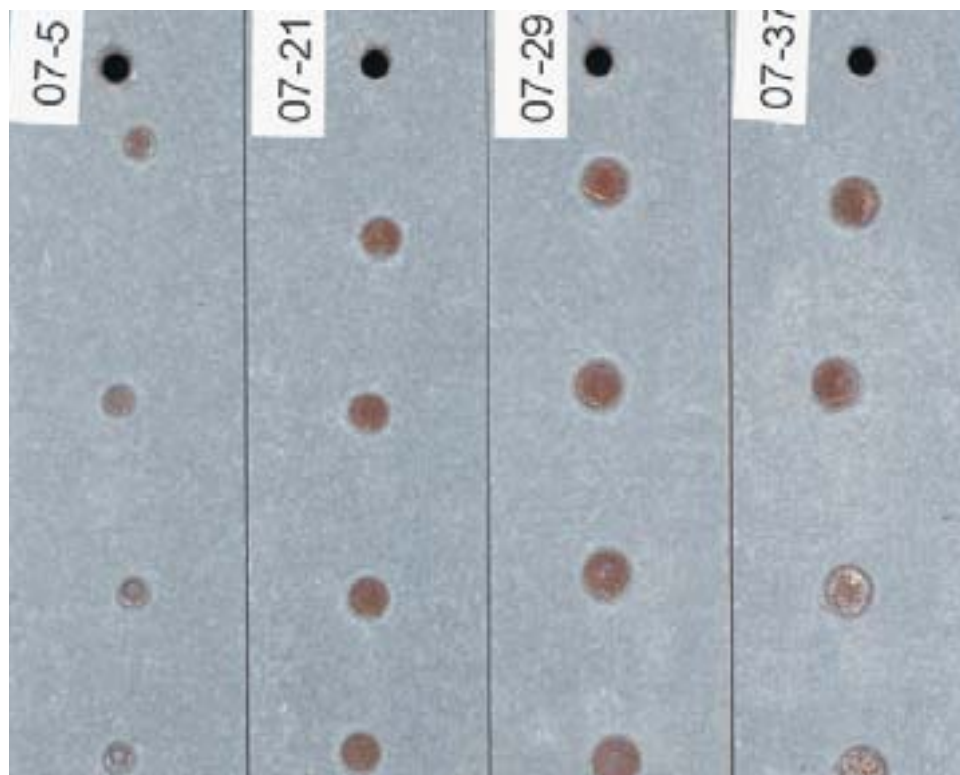
Impregnované dřevo je dokonce horší, protože impregnační chemikálie obvykle obsahují měďnaté soli, které se do určité míry rozpustí a unikají ven. Roztok je agresivní a způsobuje prudkou korozi oceli Dogal®. Jestliže se dřevo používá při skladování a transportu, je třeba tento aspekt vzít v úvahu a učinit taková opatření, aby se předešlo poškození výrobku. Další údaje jsou uvedeny v části, týkající se transportu a skladování. Z tabulky 18 je patrné, že grafit je velmi ušlechtilý materiál a může proto podstatně urychlit korozi oceli Dogal® v případě, že tyto dva materiály se dostanou do kontaktu. Saze se ně-

kdy používají jako barviva u různých typů pryže. Saze jsou z chemického pohledu stejné jako grafit. Jestliže se pryž obsahující saze, dostane do kontaktu s ocelí Dogal®, významně vzroste rychlost koroze. Různé druhy těsnicích a pokrývačských materiálů jsou v podstatě petrochemické produkty a obsahují bitumen (živici). Jestliže těsnicí nebo pokrývačský materiál je vystaven vlivu UV záření, může dojít k rozkladu některých komponentů. Tyto složky mohou vodou nebo vodním kondenzátem uniknou ven a vytvořit kyselý roztok. Jestliže tento roztok přijde do styku s ocelí Dogal®, dochází v těchto místech ke korozi. Dbejte na to, aby nedocházelo k únikům chemikálií, způsobujících korozi, a aby těsnicí materiály nebo střešní krytiny obsahovaly

UV stabilizátor nebo byly chráněny vůči UV záření odolnou vrstvou.

Ochrana svarů

Během svařování se část pozinku vypaří, takže ochrana proti korozi je značně omezena. Bodové svary jsou obvykle příliš velké, aby byla plně galvanicky chráněna (obr. 16). Proto u bodových svarů vzniká červená rez, bez ohledu na jeho velikost. Na místo svaru může být aplikována zinková barva nebo zinkový sprej, aby se zvýšila ochrana před korozi. Vzhled a funkčnost oceli Dogal® může být zvýšena povrchovou úpravou. Existuje řada povrchových úprav, použitelných pro žárové zinkování. Jejich výběr určují jak požadavky na výrobek, tak agresivita prostředí, kterému bude výrobek vystaven.



Obr. 16 Bodově svařená ocel Dogal® s různými průměry bodových svarů po 5 letech pobytu v městském prostředí. Průměry bodů stoupají zleva do prava. Všimněte si, že bez ohledu na velikost bodů, vzniká na nich červená rez.

Povrchová úprava

Čistění

Před nánosem barvy musíme nejprve dobře očistit povrch kovu, jinak nedosáhneme kvalitního nátěru. Nejběžnější čistící prostředky, které se dnes používají, jsou roztoky vodní a alkalické, aplikované formou nástřiku nebo ponořením do lázně. Typ čistícího prostředku závisí na typu a množství špíny na povrchu. Výběr konzultujte s dodavatelem chemikálií.

Jestliže se má produkt používat uvnitř (pod střechou) nebo v mírném prostředí, stačí povrch před nánosem barvy očistit. Pro agresivnější prostředí je nezbytné použít reakční nátěr.

Chemické zušlechťování povrchu (Reakční nátěr)

Běžné povrchové zušlechťování je železné fosfátování, a to buď společně s čistěním nebo s čistěním odděleným. Fosfátováním se vytváří na galvanizovaném povrchu tenká (méně než 1 µm) vrstva fosforečnanu zinečnatého. Dalším

povrchovým zušlechťováním je zinkové fosfátování, a to buď s přísadou nebo bez přísady niklu a manganu. Lázeň fosforečnanu zinečnatého vyžaduje daleko více pozornosti a přísnější kontrolu než lázeň fosforečnanu železnatého. Vytváří se totiž silnější krystalická vrstva. Tento proces se používá v případě, kdy jsou kladeny velmi přísné požadavky na přilnavost barvy a antikorozi vlastnosti. Použití všech fosforečnanů zlepšuje přilnavost nátěru a zmenšuje riziko vzniku koroze pod nátěrem.

Formy nátěru

Jsou dva hlavní způsoby nátěru pro kontinuálně žárově zinkované oceli, tj. rozpouštědlem ředitelné barvy, vodou ředitelné barvy nebo práškové barvy. Orientační pravidlo je takové, že čím silnější je vrstva barvy, tím lepší ochrana proti korozi. V agresivním prostředí je nezbytný základní nátěr s protikorozním pigmentem. Pro optimalizaci životnosti produktu je nezbytné, aby vrchní

vrstva nátěru měla dobrou venkovní odolnost.

Základní nátěr

Smyslem základního nátěru je vytvořit dobrou přilnavost ke kovu a dobrou ochranu vůči korozi. Základní nátěr by měl obsahovat antikorozi barvivo, jako je např. fosforečnan zinečnatý. Vhodné jsou alkydové nátěry odolné vůči alkáliím a epoxidové barvy. Jelikož epoxidovou pryskyřici znehodnocuje sluneční světlo, musí být horní vrstva aplikovaná na základní epoxidový nátěr ještě předtím, než výrobek vystavíme na sluneční světlo. Základní nátěr nemusíme provádět u výrobků, které budou používány v málo agresivním prostředí.

Vrchní nátěr

Vrchní nátěr má poskytnout povrchu požadovaný estetický vzhled a zvýšenou odolnost vůči poškrábání a nárazu. Může zvýšit také technické vlastnosti, jako je elektrické odstínění nebo proti skluzové vlastnosti. Stručný přehled barev podle



Pojivo	Vlastnosti
Akryl	Dobrá venkovní stabilita, stálobarevnost, dobré mechanické vlastnosti, omezená odolnost vůči ředidlům, schne na vzduchu nebo v peci.
Alkyd	Alkydy se pro Dogal® nedoporučují.
Epoxid	Nevhodné pro venkovní prostředí s ohledem na nebezpečí křídování, dobré mechanické vlastnosti, dobrá odolnost vůči chemikáliím. K dispozici jako prášek a barva rozpouštědlem ředitelná (sušení v peci).
Polyester	Běžné pojivo pro práškové barvy, dobrá venkovní stabilita a mechanické vlastnosti.
Polyuretan (PUR)	Vynikající odolnost vůči chemikáliím a venkovní stabilita, k dispozici jako vodou nebo rozpouštědlem ředitelná barva nebo prášek.

Tab. 18



jejich pojiva a vlastností tohoto pojiva je uveden v tabulce 18.

Doporučené povrchové nátěry pro oceli Dogal®

Na základě kategorií, stanovených pro korozi, jsou v tabulce 19 uvedena některá doporučení vhodných ochranných systémů pro oceli Dogal®.

Podrobnější informace Vám poskytne dodavatel barev.

Transport a skladování

Pro zajištění bezproblémové výroby a zpracování

povrchu konečného produktu je důležité ochránit výrobky před vodou a vlhkostí, a to během výroby, manipulace a skladování. Tzn. od ocelárny až po konečného uživatele. Jestliže svitky nebo tabule plechu jsou vystaveny působení vody nebo vlhku během transportu nebo skladování, může dojít ke vzniku rezavých skvrn. Jakmile jsou svitky nebo pevně svázané tabule či panely vystaveny vodě nebo vlhkosti, produkuje tato forma koroze na povrchu bílé nebo šedé skvrny.

Voda se může dostat mezi svitky nebo tabule plechu vztlínáním, čímž zapříčiní na povrchu vznik koroze nebo barevných skvrn. Málo poškozená místa se dají opravit tryskáním.

Lze také použít „předběžné“ ochranné nátěry, které pomohou odstranit projevy koroze. V takových případech je povrch možno natřít obvyklým způsobem. Pakliže koroze nelze odstranit, nepokoušejte se povrch natřít, neboť přilnavost nátěru bude vždy špatná.

Stupeň koroze	Předběžná ochrana	Nátěry
C2	Odmašťování	Obalování práškem, epoxidová pryskyřice* nebo polyester. Tloušťka nátěru min. 60 µm.
	Odmašťování + železné fosfátování	Obalování práškem, epoxidová pryskyřice* nebo polyester. Tloušťka nátěru min. 40 µm.
C3	Odmašťování	Základní vodou ředitelná akrylová barva s aktivním antikoročním pigmentem + polyesterový prášek, vrstva min. 60 µm.
	Odmašťování + železné fosfátování	Obalování práškem, polyester. Vrstva o tloušťce min. 60 µm.
C4	Odmašťování + železné fosfátování	Základní vodou ředitelná akrylová barva s aktivním antikoročním pigmentem + polyesterový prášek, vrstva min. 60 µm.
	Odmašťování + zinkové fosfátování	Obalování práškem, polyester. Vrstva o tloušťce min. 80 µm.

Tab. 19 *) Pouze pro vnitřní použití.



Nástrojové oceli – doporučení

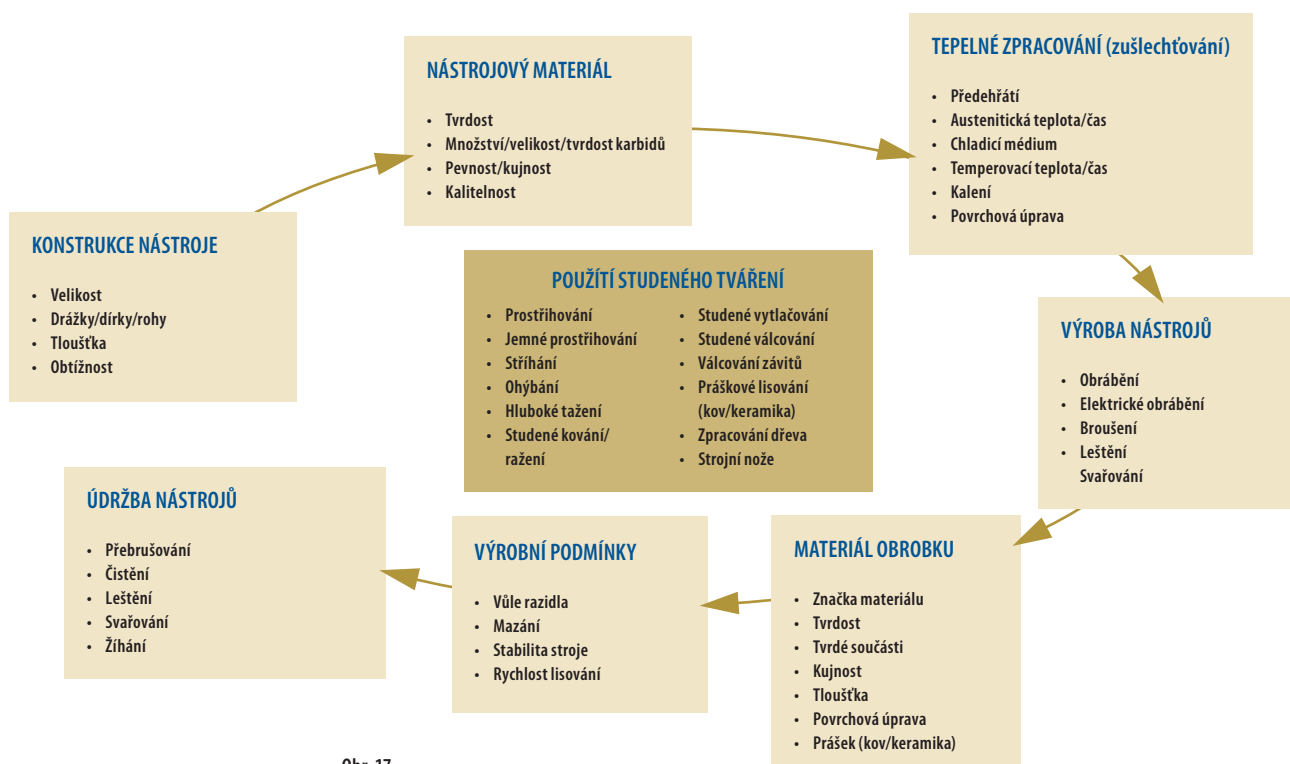
Prostřihování a tváření vysokopevnostních ocelí Dogal®

V celé průmyslové výrobě je důležité, aby tváření a stříhání produktů z ocelových plechů bylo bezproblémové. Celý řetězec, od návrhu nástroje až po údržbu, obsahuje řadu etap, jak je patrné z níže uvedeného schématu. Nezbytným předpokladem pro dosažení dobré produktivity a výrobní ekonomiky je, aby všechny výrobní etapy byly správně provedeny. Nejdůležitější je výběr správné nástrojové oceli pro danou řezací a stříhací operaci. Abychom byli schopni vybrat správnou ocel je nutné určit defekty, které by mohly v průběhu stříhání nebo tváření vzniknout, a které by mohly vést k tomu, že by se stal nástroj nepoužitelným nebo že by se po krátkém používání zlomil. Prakticky existuje 5 defektů, které mohou

vzniknout na nejvíce používaných částech nástroje:

- opotřebení, buď abrazivní nebo adhezní, ve vztahu k materiálu obrobku, k typu tváření a třecím silám v kluzném kontaktu
- plastická deformace, jako výsledek nesprávného vzájemného poměru mezi tlaky a tlakovou mezi kluzu (tvrdostí) nástrojového materiálu
- lámání okrajů, jako výsledek nesprávného vztahu mezi tlaky a kujností nástrojového materiálu
- praskání, jako výsledek nesprávného vztahu mezi tlaky a pevností nástrojového materiálu
- zvedání (pick up), jako výsledek nesprávného vztahu mezi materiálem obrobku a třecími silami v kluzném kontaktu. Zvedání úzce souvisí s adhezním opotřebením materiálu.

Plastická deformace, lámání okrajů a praskání jsou defekty, jejichž výsledkem často bývají vážné a nákladné výrobní problémy. Opotřebení a zvedání (pick up) se dá snadněji předvídat a zvládneme je systematickou údržbou nástrojů. Doporučujeme připustit větší opotřebení, než dojde do situace lámání okrajů nebo praskání. Speciálním rysem při tváření a stříhání ocelí Dogal DP je fakt, že síly pro danou tloušťku plechu musí být větší než pro měkké oceli. V průběhu tváření musí být totiž překonána větší mez kluzu a v průběhu stříhání větší pevnost ve stříhu. To znamená, že tlaky stoupají a požadavky na odolnost vůči opotřebením a pevnost nástrojového materiálu tak stoupají také. Proces stříhání je nejcitlivější, jelikož vyžaduje spojení vysoké odolnosti vůči opotřebením s vysokou odolností



Obr. 17

Relativní odolnost vůči defektu mechanismů								
Značka nástrojové oceli	Standardy			Tvrdość Plastická deformace	Odolnost vůči opotřebení		Odolnost vůči únavě materiálů	
	SS	ISO	DIN		abrazivnímu	adhéznímu	Vznik prasklin	Šíření prasklin
							Kujnost – odolnost vůči štípání	Pevnost – odolnost vůči totálnímu zlomení
Arne	2140	w.-Nr.1.2510	AISI 01	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>
Calmax		W.-Nr.1.2358		<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>
Rigor	2260	W.-Nr.1.2363	AISI A2	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>
Sleipner				<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>
Sverker 21	2310	W.-Nr.1.2379	AISI D2	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>
Sverker 3	2312	W.-Nr.1.2436	AISI D6	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>
Vanadis 4				<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>
Vanadis 23		W.-Nr.1.3344	AISI M3:2	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>
Vanadis 6				<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>
Vanadis 10				<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>

Tab. 20.

vůči lámání okrajů, resp. zlomení nástroje. Proces tváření vyžaduje pouze odolnost vůči opotřebení. Relativní srovnání mezi oceli pro tváření za studena ve firmě Uddeholm Tooling, pokud se týče odolnosti vůči výše uvedeným defektům nástrojových materiálů, je uvedeno v tabulce 20.

Výrobní podmínky

Ve srovnání s ostatními oceli je ocel VANADIS odolná jak vůči opotřebení, tak vůči štípání okrajů. Je to proto, že tyto oceli se vyrábějí práškovými metalurgickými metodami, zatímco ostatní oceli se vyrábí běžnými metalurgickými metodami. Rozdíl ve vlastnostech materiálu způsobuje především skutečnost, že prášková metalurgická metoda produkuje malé, rovnoměrně rozmístěné karbidy, které chrání proti abrazi. Tím, že jsou karbidy malé, jsou méně nebezpečné coby iniciační body pro vznik únavových trhlin. Naproti tomu běžné oceli s dobrou

odolností vůči opotřebení mají velké karbidy, které jsou uspořádány do pruhů a které oslabují mechanickou pevnost materiálu.

Výběr oceli pro stříhání vysokopevnostních ocelí Dogal®

Je obtížné jednoznačně poradit s výběrem nástrojových ocelí pro specifickou výrobu, jelikož všechny výrobní systémy se mezi sebou liší. Je dobré vycházet z již získaných zkušeností a postupně zlepšovat výběr ocelí na základě srovnání jejich výkonů. Jestliže uživatel nemá vlastní zkušenosti, lze využít informace uvedené v tabulce. Všechny nástrojové oceli v tabulce 20 mohou být použity jak pro oceli Dogal DP o menší pevnosti, tak pro tenčí plechy a jednodušší geometrii. Jen několik z těchto ocelí je však použitelných pro vysokopevnostní značky, povětšinou kvůli riziku brzkého zlomení nástroje, způsobeného štípáním okrajů. Při návrhu a výrobě nástroje je důležité

vyhnout se ostrým rohům, malým poloměrům a špatně obrobeným povrům. Velké provozní namáhání ve spojení s velkou tvrdostí nástrojové oceli vyvolává v takových místech koncentraci napětí.

Výběr oceli pro tváření vysokopevnostních ocelí Dogal®

Opotřebení, které je po většinou způsobeno abrazí (oděrem), představuje největší nebezpečí při tváření. Může dojít také k adheznímu opotřebení, způsobenému velkými třecími silami, vznikajícími při tváření ocelí Dogal®. Práškové oceli mají nejlepší výkon – všechny informace o defektech a výběru nástrojové oceli jsou uvedeny v tabulce 20 a na straně 33.

Protože ultravysokopevnostní oceli nejsou tak tvárné jako měkké oceli, součásti z nich vyrobené nemohou mít paprsky tak tuhé, jak je tomu u plechů z měkké oceli, což je pro nástroje velice užitečná vlastnost.

Prostřihování vysokopevnostních ocelí Rádce pro nástrojové oceli

Tvrdá geometrie				
Normální geometrie				
Jednoduchá geometrie				
	Dogal 500 YP	Dogal 600 DP	Dogal 800 DP	Dogal 1000 DP

Obr. 18

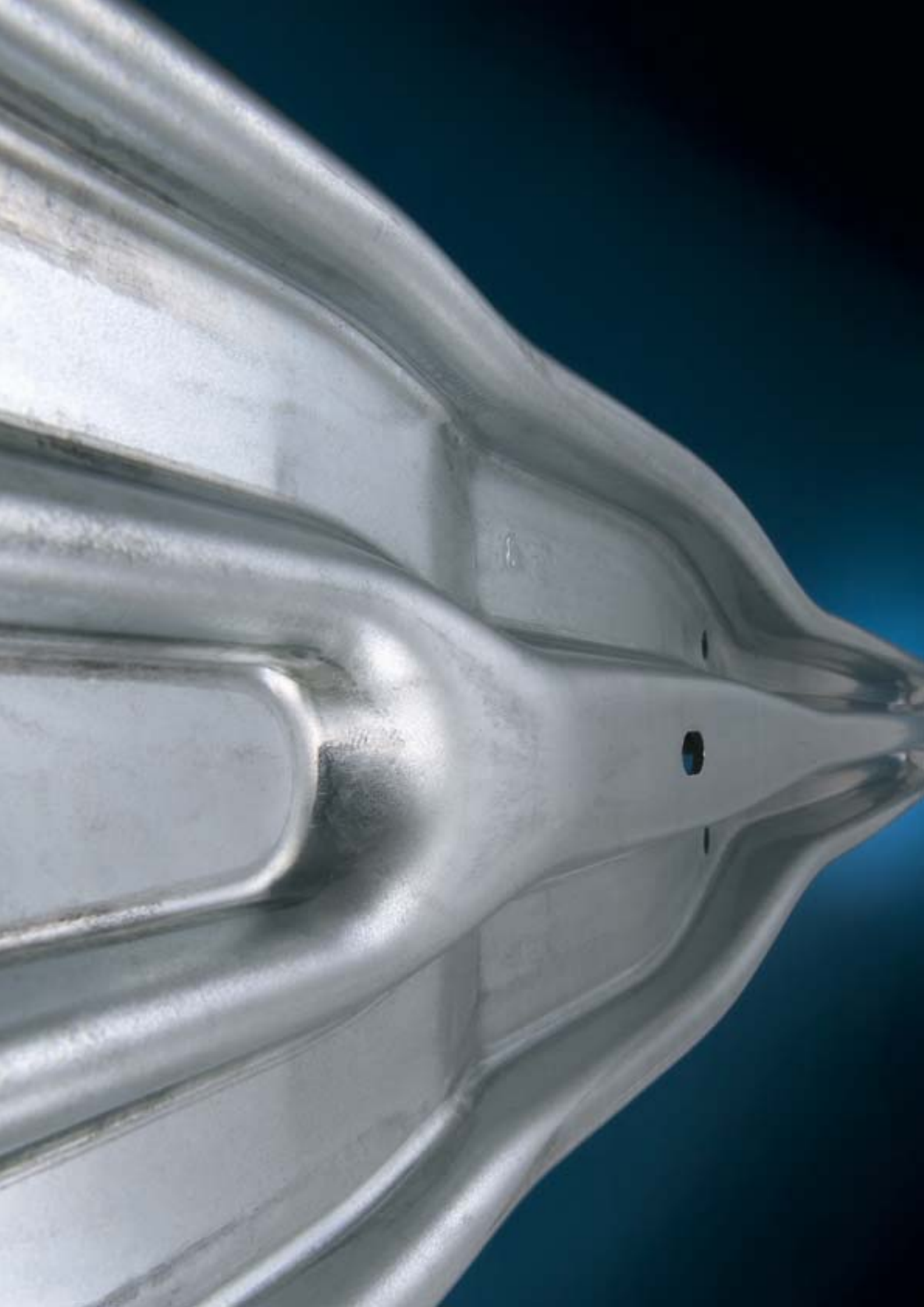
Krátké a středně dlouhé série	Sleipner Rigor Calmax Sverker 21	Sleipner Rigor Calmax	Sleipner Rigor Vanadis 4
Dlouhé série	Vanadis 10 Vanadis 6 Vanadis 4 Vanadis 23 Sleipner Sverker 21	Vanadis 6 Vanadis 4 Vanadis 23 Sleipner	Vanadis 6 Vanadis 4 Vanadis 23 Sleipner

Tab. 21 Ve všech případech by tvrdost měla být alespoň 58HRC, jelikož hrozí riziko plastické deformace.

Výběr oceli pro tváření Rádce pro nástrojové oceli

Délka výrobního cyklu	Převažující typ opotřebení		
	Adhezní opotřebení	Smíšené opotřebení	Abrázivní opotřebení
Krátký cyklus	Arne 54-56 HRC Carmo* 54-61 HRC	Arne 54-58 HRC Calmax 54-59 HRC	Arne 54-60 HRC
Střední cyklus	Calmax 54-58 HRC Sleipner 56-62 HRC	Rigor 54-62 HRC Sleipner 58-63 HRC	Sverker 21 58-62 HRC Sleipner 60-64 HRC
Dlouhý cyklus	Vanadis 4 56-62 HRC	Vanadis 6 60-64 HRC Vanadis 23 60-65 HRC	Sverker 3 58-62 HRC Vanadis 6 60-64 HRC Vanadis 10 60-64 HRC

Tab. 22 *) Kalení plamenem/indukční kalení.



Nač by měl myslet konstruktér?

Zdokonalené vysoko-
pevnostní oceli Dogal®
umožňují konstruovat
váhově lehké, tenkostěnné
produkty. Je však třeba
mít na mysli, že konečné
vlastnosti výrobku určuje
geometrie v kombinaci
s vlastnostmi materiálu.
Schopnost nést zatíže-
ní a tuhost při ohýbání
nosníků, profilů atd. je
významně ovlivněna výš-
kou průřezu a různými
výztuhami.

Výztuhy, jako žlábký
a skládané okraje, se po-
užívají u komponentů
z tenkého plechu, jelikož
snižují možné deformace,
dodávají pevnost a umo-
žňují materiálu jeho plné
využití. Výztuhy jsou

obzvláště důležité při na-
vrhování součástí, které
absorbují energii, kde vy-
boulení nebo skládání by
mělo být omezeno nebo
kontrolováno, dokonce
i během plastické defor-
mace.

Do vysokopevnostních
ocelí Dogal® mohou být
žlábký a výztuhy lisová-
ny přímo. Lisovatelnost
těchto materiálů ve vztahu
k jejich vysoké pevnosti je
dobrá. Je však rozumné se
ujistit, že poloměry okra-
jů jsou dostatečně velké
a hloubka tažení je umír-
něná.

Tváření válcováním je
obzvláště vhodné pro vý-
robu profilů v dlouhém
výrobním cyklu.

Při tváření válcováním
se mohou žlábký a sklá-
dání okrajů umístit
do vhodných míst přímo
v průběhu tvářecího proce-
su. Při navrhování výrobků
z vysokopevnostních ocelí
Dogal, které budou dále
tvářeny, nesmíme zapo-
menout na odpovídající
kompenzaci pro odpru-
žení. To je také důležité
při navrhování tvářecích
nástrojů. Využití po-
vrchového namáhání
u ocelových součástí zlep-
šuje využití materiálu.
Snažte se, aby nosné díly
konstrukce nefungovaly
jako desky s lokálním
průhybem s následným
velkým namáháním
v ohybu.



SSAB Tunnpłat AB je největší skandinávský výrobce ocelových plechů a lídr v Evropě ve vývoji vyspělých vysokopevnostních ocelí.

SSAB Tunnpłat je členem SSAB Swedish Steel Group, má obrát 15 miliard SEK a zaměstnává více než 4 300 lidí ve Švédsku. Vyrobí okolo 2,5 miliónů tun ocelových plechů ročně.

Součástí naší environmentální politiky je neustálé zlepšování efektivity výrobních procesů a podniků, kterým záleží na životním prostředí, jakož i vývoj environmentálních vlastností našich produktů z pohledu životního cyklu.

V našich moderních, vysoce efektivních výrobních linkách a válcovnách vyrábíme následující výrobky z pásové oceli:

DOMEX[®]

Pásky z oceli válcované za tepla

DOCOL[®]

Pásky z oceli válcované za studena

DOGAL[®]

Plechý z pokovované oceli

PRELAQ[®]

Přednatřené ocelové plechy

Jsou to registrované obchodní značky firmy SSAB Tunnpłat AB.

Pomáháme našim zákazníkům při výběru ocelí, které jim co nejlépe zvýší konkurenceschopnost. Naše síla spočívá v kvalitě našich výrobků, spolehlivosti našich dodávek a flexibilitě technického servisu zákazníkům.

ssabtunnplat.com

Czech Republic
SSAB Swedish Steel s.r.o.
Tř. kapitána Jaroše 37a
CZ-60200 Brno
Tel +420 545 422 550
Fax +420 545 210 550
info.cz@ssab.com
ssab.cz

Sweden
SSAB Tunnpłat AB
SE-781 84 Borlänge
Tel +46 243 700 00
Fax +46 243 720 00
office@ssabtunnplat.com
ssabtunnplat.com

Australia
SSAB Swedish Steel
Tel +61 395 488 455

Benelux
SSAB Swedish Steel BV
Tel +31 24 67 90 550
ssab.nl

Brazil
SSAB Swedish Steel, Ltda.
Tel +55 41 3014 9070
ssab.com.br

China
SSAB Swedish Steel
Tel +86 10 6466 3441
swedishsteel.cn

Denmark
SSAB Svensk Stål A/S
Tel +45 4320 5000
ssab.dk

Finland
OY SSAB Svenskt Stål AB
Tel +358 9 686 6030
ssab.fi

France
SSAB Swedish Steel SAS
Tel +33 1 55 61 91 00
ssab.fr

Germany
SSAB Swedish Steel GmbH
Tel +49 211 91 25-0
Tel +49 711 6 87 84-0
ssab.de

Great Britain
SSAB Swedish Steel Ltd
Tel +44 1905 795794
swedishsteel.co.uk

Italy
SSAB Swedish Steel S.p.A.
Tel +39 030 90 58 811
ssab.it

Korea
SSAB Swedish Steel Ltd
Tel +822 761 6172

Norway
SSAB Svensk Stål A/S
Tel +47 23 11 85 80
ssab.no

Poland
SSAB Swedish Steel Sp.z o.o.
Tel +48 602 72 59 85
ssab.pl

Portugal
SSAB Swedish Steel
Tel +351 256 371 610
ssab.pt

Spain
SSAB Swedish Steel SL
Tel +34 91 300 5422
ssab.es

South Africa
SSAB Swedish Steel Pty Ltd
Tel +27 11 827 0311
swedishsteel.co.za

Turkey
SSAB Swedish Steel Celik Dis Tic. Ltd. Sti.
Tel +90 216 372 63 70
ssab.com.tr

USA
SSAB Swedish Steel Inc.
Tel +1 412 269 21 20
swedishsteel.us

