

Materiale d'apporto nella saldatura degli acciai WELDOX e HARDOX

In questo numero di TechSupport, la SSAB Oxelösund presenta alcuni suggerimenti sui materiali d'apporto più adatti nella saldatura dell'acciaio strutturale WELDOX e di quello antiusura HARDOX. Va tenuto presente che i materiali d'apporto elencati vengono citati a titolo esemplificativo. Oltre ai materiali menzionati, infatti, ci sono moltissimi altri prodotti altrettanto adeguati, che corrispondono pienamente alle indicazioni fornite dalla SSAB Oxelösund. I materiali d'apporto possono essere suddivisi in due gruppi principali, quello che comprende i materiali non legati o bassolegati, che costituiscono la variante più comune, e quello dei materiali inossidabili.

Materiali d'apporto non legati o bassolegati

In generale

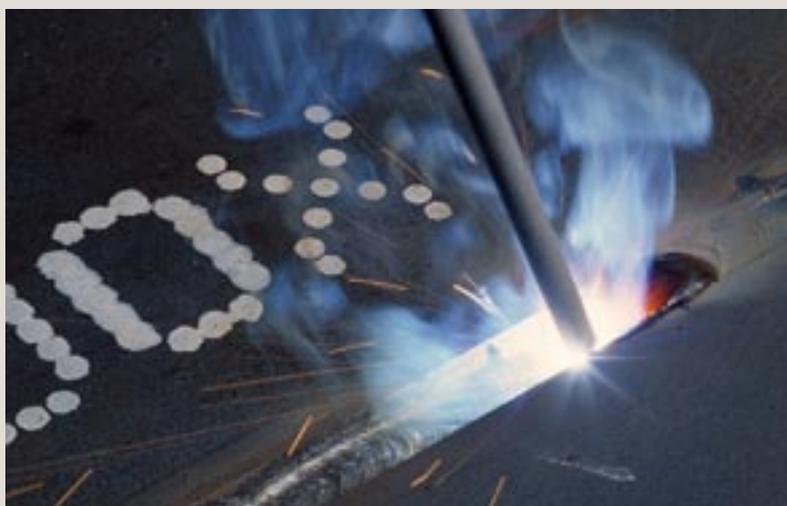
I materiali d'apporto non legati o bassolegati devono rispettare determinati criteri di elevata resistenza e devono avere un tenore di idrogeno contenuto entro limiti accettabili, cioè meno di 5 ml per 100 g di metallo d'apporto.

Resistenza allo snervamento

I livelli appropriati di resistenza allo snervamento per il materiale d'apporto nella saldatura del WELDOX e dell'HARDOX viene indicato nel grafico alla pagina seguente.

Tenore di idrogeno

Il contenuto di idrogeno nel materiale d'apporto dipende dal metodo di saldatura utilizzato. Il materiale d'apporto per la saldatura MAG con filo pieno e per la saldatura TIG, soddisfa criteri di contenuto di idrogeno validi per tutti gli altri tipi di materiale d'apporto. Per la saldatura MAG con filo animato con flusso, sono disponibili sia materiali d'apporto basici, sia rutilici, che soddisfano i requisiti richiesti per quanto riguarda il tenore di idrogeno. Anche alcuni materiali d'apporto con anima metallica, utilizzati nella saldatura MAG, possono avere un contenuto di idrogeno adeguato. Fra i materiali d'apporto previsti per la saldatura ad arco con polvere, l'abbinamento filo pieno/polvere basica ottiene livelli di idrogeno sufficientemente bassi nel metallo d'apporto. I produttori di materiale d'apporto possono fornire informazioni più dettagliate sul tenore

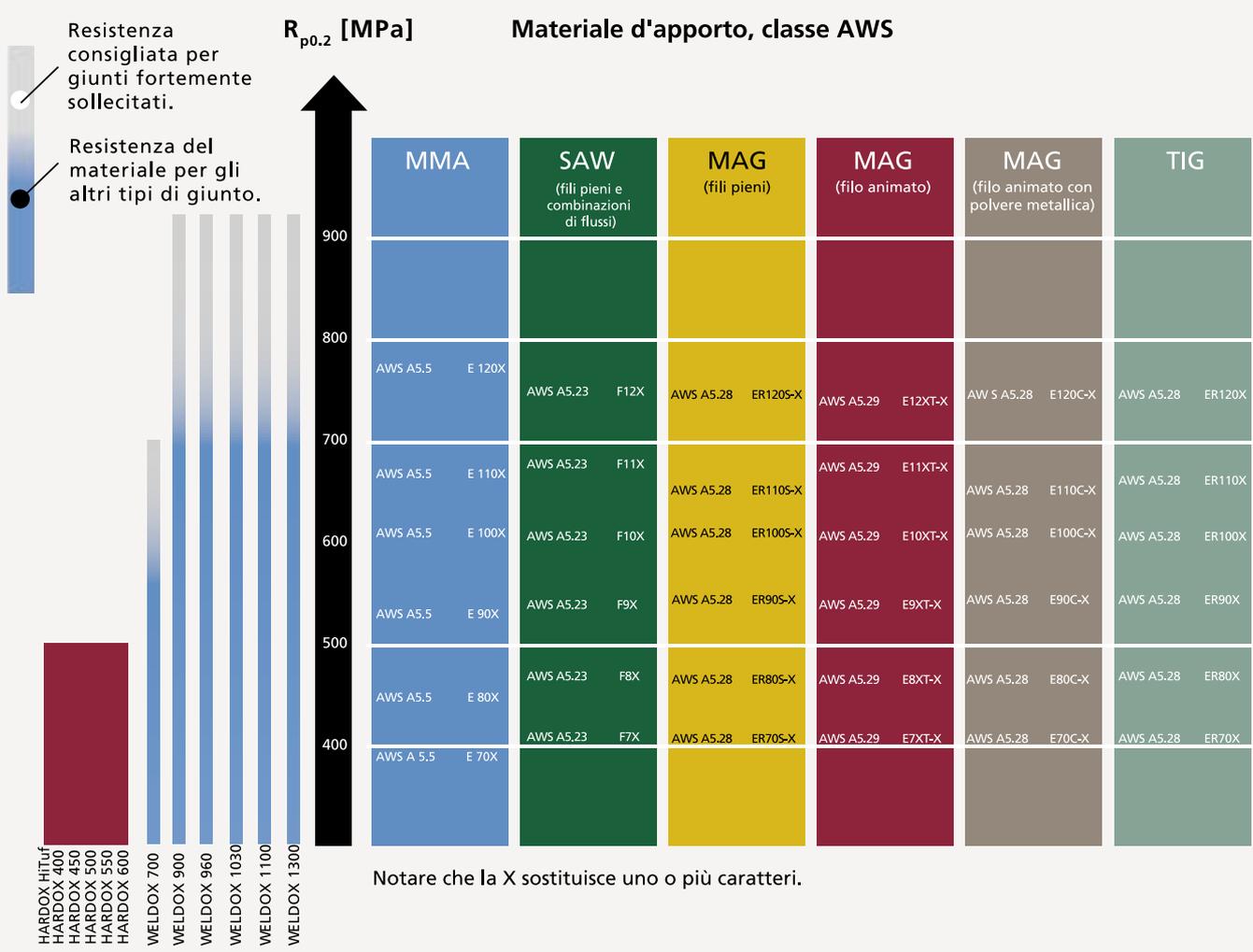
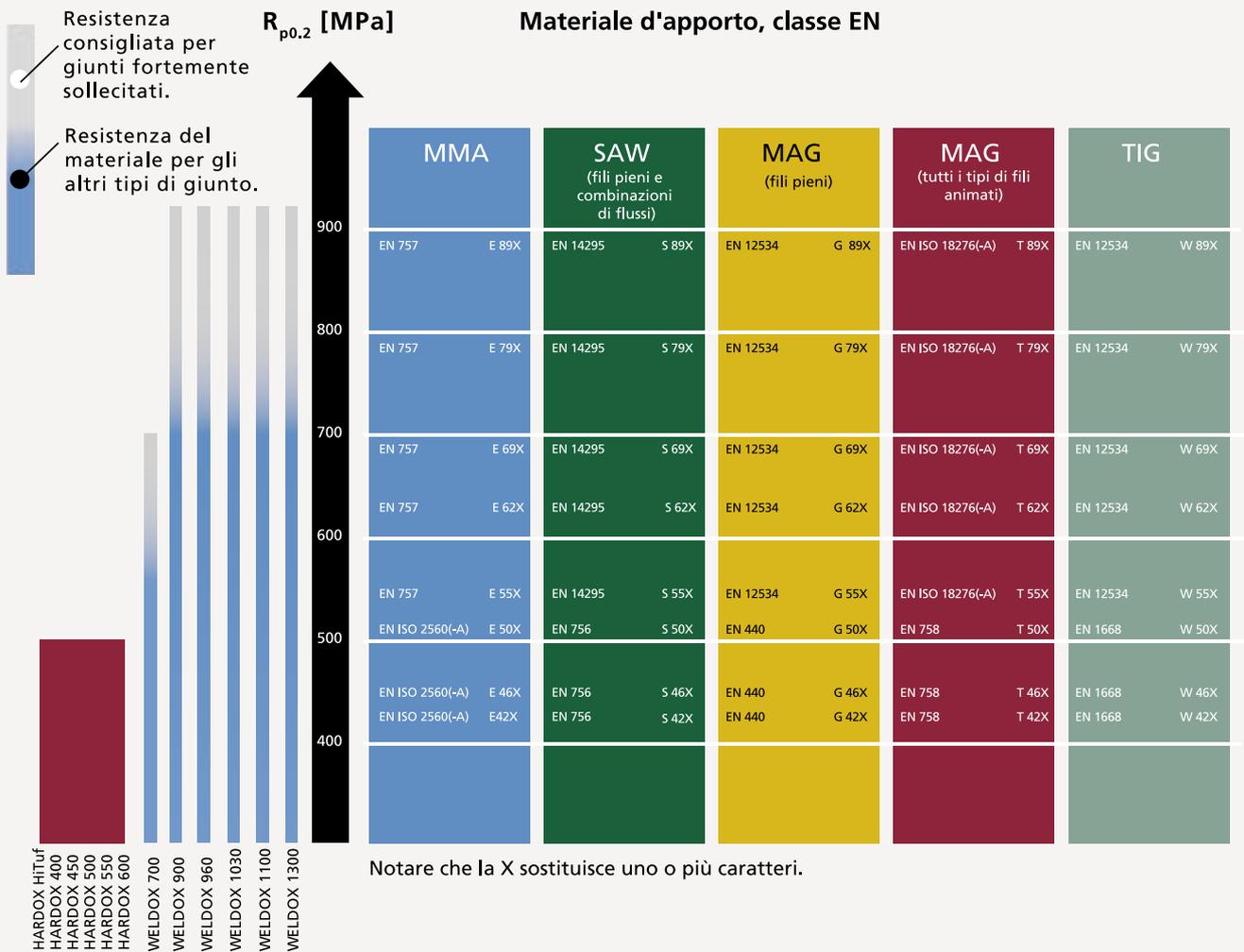


di idrogeno per i vari tipi di materiale d'apporto. Inoltre la SSAB Oxelösund fornisce suggerimenti specifici per i materiali d'apporto più adatti. In questo TechSupport, i materiali d'apporto consigliati sono stati suddivisi in base al metodo di saldatura e alla classe di resistenza.

Temperatura di fusione

Il materiale d'apporto con limite di snervamento ($R_{p0,2}$) fino a 700 MPa ha, normalmente, un carbonio equivalente che è inferiore a quello dell'acciaio immesso nel giunto saldato. In tal caso, la temperatura di fusione è decisa dall'acciaio che compone il giunto saldato.

Per materiali d'apporto altoresistenziali, con limite di snervamento superiore a 700 MPa, il carbonio equivalente è, nella maggior parte dei casi, superiore nel materiale d'apporto che in quello che compone il giunto saldato. Di conseguenza, in queste situazioni bisogna anche tenere conto della temperatura di fusione. Utilizzare, pertanto, la temperatura massima o per il metallo che compone il giunto saldato o per il materiale d'apporto in questione. Il materiale d'apporto con limite di snervamento superiore a 700 MPa presenta requisiti particolari, fra l'altro per quanto riguarda la temperatura di fusione, perciò ne parliamo più approfonditamente in un altro paragrafo.



Materiali d'apporto altoresistenziali, con limite di snervamento ($R_{p0,2}$) superiore a 700 MPa

Le varianti di WELDOX dalla 900 alla 1300, spesso vengono saldate con materiali d'apporto che presentano un limite di snervamento di circa 750 - 900 MPa nel metallo d'apporto. Gli attuali materiali d'apporto hanno la resistenza più alta che sia disponibile sul mercato.

Di solito, i produttori di materiale d'apporto non forniscono temperature di preriscaldamento per questi prodotti. La temperatura adatta può essere determinata, ad esempio, in base allo standard europeo EN 1011-2, metodo B. SSAB Oxelösund, inoltre, ha compiuto delle valutazioni generali su quelle che possono essere le temperature di fusione più basse possibili, in base alla tabella sottostante. Ciò è possibile quando la lega è simile nei vari materiali d'apporto.

Il materiale d'apporto è sensibile alle elevate temperature di interpass. Tutti i materiali d'apporto consigliati hanno una resistenza elevata grazie alle microstrutture altoresistenziali, come la martensite, presenti nel metallo d'apporto. L'elevato contenuto di lega comporta una trasformazione della martensite già a basse temperature. Perciò SSAB Oxelösund giudica che la temperatura di interpass debba essere al massimo di 175°C.

Spessore singolo della lamiera, giunto saldato (mm)	Temperatura minima di saldatura (°C)
< 10	100
10 - 20	125
> 20	150

Temperature minime consigliate.

Il materiale d'apporto altoresistenziale è sensibile all'elevato grado dello snervamento. Uno snervamento troppo elevato peggiora le caratteristiche meccaniche del giunto saldato. Il limite di snervamento consentito segue però le nostre indicazioni consuete per il tipo di acciaio in questione. In tutti gli altri casi valgono i parametri ordinari di saldatura del WELDOX.

Esempio di materiali d'apporto appropriati bassolegati

Esempio di materiali d'apporto appropriati bassolegati

Le proposte dei vari materiali d'apporto appropriati sono riportate nelle tabelle seguenti. Tenere presente che i materiali d'apporto sono elencati in base al limite di snervamento ($R_{p0,2}$) per il quale sono classificati. Nella realtà, normalmente i vari materiali d'apporto hanno un limite di snervamento superiore. Le caratteristiche meccaniche di un determinato materiale d'apporto possono essere ottenute dal suo fabbricante.

MAG, filo pieno

Limite minimo di snervamento (MPa)	400	470	540	610	680	745
Classe AWS	ER 70S-X*	ER 80S-X*	ER 90S-X*	ER 100S-X*	ER 110S-X*	ER 120S-X*
ELGA	Elgamatic 100 Elgamatic 103	Elgamatic 162	Elgamatic 163	Elgamatic 135 Elgamatic 147		Elgamatic 138
ESAB	OK Autrod 12.51 OK Autrod 12.64	OK Autrod 13.09		OK Autrod 13.13	OK Autrod 13.29	OK Autrod 13.31
LINCOLN	SUPRA MIG SUPRA MIG ULTRA LNM 27	LNT/LNM Ni1 LNT/LNM Ni2,5		LNM Moniva LA-100	LA 100	
OERLIKON	Carbofil 1 Carbofil 1a	Carbofil 2,5 Ni	Carbofil NiMo1	Carbofil NiMoCr		
SAF	NERTALIC 70S NERTALIC 70A	NERTALIC 86		NERTALIC 86		
BÖHLER	EMK 7 EMK 8	NiCu-1G	NiMo 1-IG		NiCrMo 2.5-IG X 70-IG	X 90-IG
THYSSEN	Union K52 Union K56	Union K5 Ni	Union MoNi	Union NiMoCr	Union X 85	Union X90 Union X96

* Notare che la X sostituisce uno o più caratteri

MAG, filo animato

Limite minimo di snervamento (MPa)	400	470	540	610	680	745
Classe AWS	E7XT-X*	E8XT-X*	E9XT-X*	E10XT-X*	E11XT-X*	E12XT-X*
ELGA	DWA 51B				Elgacore 110B	
ESAB	OK Tubrod 15.00 OK Tubrod 15.25				OK Tubrod 15.27	Filarc PZ 6149
LINCOLN	Outershield T55-H					
OERLIKON	Fluxofil 30 Fluxofil 31	Fluxofil 40 Fluxofil 48	Fluxofil 41		Fluxofil 42	Fluxofil 45
SAF	Safdual 31 Safdual 400					
BÖHLER	Kb 52-FD					
THYSSEN	Thyssen TG50B					

* Notare che la X sostituisce uno o più caratteri

MAG, filo animato con polvere

Limite minimo di snervamento (MPa)	400	470	540	610	680	745
Classe AWS	E7XT-X*	E8XT-X*	E9XT-X*	E10XT-X*	E11XT-X*	E12XT-X*
ELGA	MXA 100 MX 100T	MXA 55T				
ESAB	Filarc PZ 6102 Filarc PZ 6105R				OK Tubrod 14.03	
LINCOLN	Outershield MC710-H Outershield MC715-H				Outershield MC1100	
OERLIKON	Fluxofil M8 Fluxofil M10				Fluxofil M42	
SAF	Safdual 200 Safdual 206	Safdual 202	Safdual 255		Safdual 270	
BÖHLER	HL 50-FD HL 52-FD					
THYSSEN	Thyssen TG55Fe Thyssen MV70					

* Notare che la X sostituisce uno o più caratteri

MMA

Min sträckgräns (MPa)	399	399	460	530	600	670	740
Classe AWS	E 7016 E 7018	E 7028	E 8016 E 8018	E 9018	E 10018	E 11018	E 12018
ELGA	P48S P51 P62MR	Maxeta 21	P48K P65MR	P70		P110MR Maxeta 110	
ESAB	OK 48.00 OK 48.08 OK 53.68	OK Femax 38.65	OK 73.68 OK 73.15	OK 74.78 FILARC 985		OK 75.75	OK 75.78
LINCOLN	Baso 100 Conarc 48 Conarc 49 Kryo 1	Conarc V180 Conarc V250 Conarc L150	Kryo 1-180 Kryo 1N Kryo 3	Kryo 2 Conarc 60G Conarc 70G		Conarc 80	Conarc 85 Conarc 85-150
OERLIKON	Tenacito Tenacito 38 R	Febacito 160S Ferrocord B250	Tenacito 70 Tenacito 70B	Tenacito 65 Tenacito 65R	Tenacito 75	Tenacito 80	Tenacito 100
SAF	Safer MF48 Safer NF59A Safer Prestige	Safer NF52 Safer NF53	Safer NF59 Safer MD56	Safer ND65	Safer MD70	Safer ND80	Safer ND100
BÖHLER	FOX EV 47 FOX EV 50-W		FOX EV 60 FOX EV 63 FOX EV 65	FOX EV 70 FOX U 80 N	FOX EV 75	FOX EV 85	
THYSSEN	SH Grün K50W SH Grün K52W Phoenix 120K		SH V 370 SH V 1 SH Ni 2 K70	SH Schwarz 3 K Ni	SH Ni2 K90 ThyssenNiMo100	SH Ni2 K100	SH Ni2 K130

SAW, abbinamento filo/polvere

Min sträckgräns (MPa)	400	470	540	610	680	745
Classe AWS	ER 70S-X*	ER 80S-X*	ER 90S-X*	ER 100S-X*	ER 110S-X*	ER 120S-X*
ELGA	Elgasaw 251B/ Elgasaw 102					
ESAB	OK Flux 10.71/ OK Autrod 12.20 OK Autrod 12.22	OK Flux 10.62/ OK Autrod 12.24			OK Flux 10.62/ OK Autrod 13.43	
LINCOLN	P 230/L-61 P 230/LNS 133 U Lincolnweld 860/L61	P 230/LNS140A Lincolnweld 8500/ L-70	P240/LNS151	P230/LNS 168		
OERLIKON	OP121TT/ OE-SD3	OP121TT/ OE-S2Mo	OP121TT/ OE-S3NiMo1		UV421TT/ Union S3NiMoCr	
SAF	AS589/AS37**		AS589/AS 40A**			
BÖHLER	BB24/ EMS2		BB24/ 3NiMo 1-UP	BB24/ 3 NiCrMo 2.5-UP		
THYSSEN	UV 420TT / Union S2	UV421TT/ Union S2NiMo	UV421TT/ Union S3NiMo			

* Notare che la X sostituisce uno o più caratteri

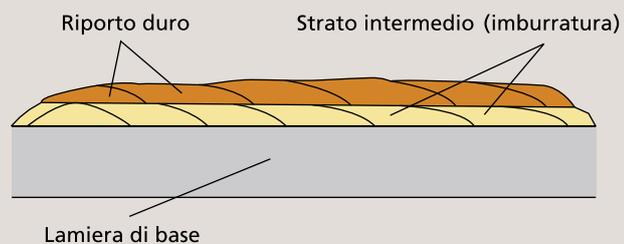
** Nessun dato sulla classificazione della combinazione flusso/filo in base agli standard attuali AWS

Materiali d'apporto inossidabili

HARDOX e WELDOX possono sempre essere saldati con materiali d'apporto austenitici /inossidabili di tipo AWS 307. La composizione chimica tipica di questi materiali d'apporto è 18% Cr, 8% Ni, 6% Mn. Nella saldatura con questi materiali si raggiunge un'elevata resistenza sia contro le cricche dovute all'idrogeno che contro quelle dovute al calore nel giunto saldato. Il metallo d'apporto contiene una struttura austenitica, che contribuisce alla sua elevata tenacità. Il limite di snervamento ($R_{p0,2}$) per questo tipo di materiale d'apporto è di circa 450-500 MPa.

Altri importanti vantaggi nella saldatura con questo tipo di materiale d'apporto sono:

- Le temperature di preriscaldamento, cioè le temperature oltre i $+20^{\circ}\text{C}$ possono essere sempre evitate per tutti i tipi di HARDOX e WELDOX, fatta eccezione per l'HARDOX 600. Ulteriori informazioni possono essere reperite nella brochure SSAB Oxelösund sulla saldatura.
- Il materiale d'apporto è adatto nella saldatura di HARDOX e WELDOX con altri tipi di acciaio, come ad esempio:
 - Acciaio inossidabile
 - Acciaio al manganese (acciaio Hadfield)
 - Acciai difficili da saldare, come quelli per molle.
- Il materiale d'apporto è adatto anche come strato intermedio nel riporto duro.



Un'alternativa all'AWS 307 è il materiale d'apporto austenitico di tipo AWS 309. Il rischio di cricche da calore, però, è maggiore con l'AWS 309 che con l'AWS 307. Nella tabella alla pagina seguente sono elencati i materiali d'apporto di tipo AWS 307.

Esempio di materiali d'apporto appropriati inossidabili

Metodo di saldatura	MMA	MAG, filo pieno	MAG, filo animato con flusso	MAG, filo animato con polvere
Classe AWS	A5.4: E307-X*	A5.9: ER307		A5.22: E307T-X*
ELGA	Cromarod 307B	Cromamig 307Si		
ESAB	OK 67.45 OK 67.52	OK Autrod 16.95	OK Tubrod 15.34	OK Tubrod 14.71
LINCOLN	Jungo 307 Arosta 307	LNМ 307		
AVESTA WELDING	307	307-Si		
SAF	Safinox R 307	Nertalic 51	Safdual 651	
OERLIKON	Citochromax N Citochromax R Citochromax RS	Inertfil 18 8 6	Fluxinox 307 Fluxinox 307-PF	Fluxinox M 307
SANDVIK	18.8.MnR	Sandvik 18.8.Mn Sandvik 18.8.CMn		
BÖHLER	FOX A 7	A 7-IG	A 7-FD	
THYSSEN	Thermanit X Thermanit XW	Thermanit X		

* Notare che la X sostituisce uno o più caratteri



SSAB Oxelösund
SE-613 80 Oxelösund
Svezia

Tel 0155-25 40 00
Fax 0155-25 40 73
www.ssabox.com

In caso di discrepanze fra le varie versioni linguistiche di questo testo, fa fede quella in lingua inglese. La versione più recente di questo documento può essere scaricata da Internet collegandosi al sito www.ssabox.com/publications

Questa brochure fornisce indicazioni di carattere generale. SSAB Oxelösund AB declina qualsiasi responsabilità per l'applicazione di tali indicazioni generiche ai singoli casi reali. Pertanto, l'adeguamento delle indicazioni generiche alle circostanze reali compete all'operatore per ogni singolo caso ed è di sua esclusiva responsabilità.