Potentiale von Nickelbasis-Fülldrahtelektroden

5. Werkstoffkongress / Leoben

Michael Fiedler[1], Gerhard Posch[1], Rudolf Vallant[2], W. Klagges[1], H. Cerjak[2]

[1]Böhler Schweißtechnik Austria GmbH

[2]Institute for Materials Science, Welding and Forming, Graz University of Technology, Austria

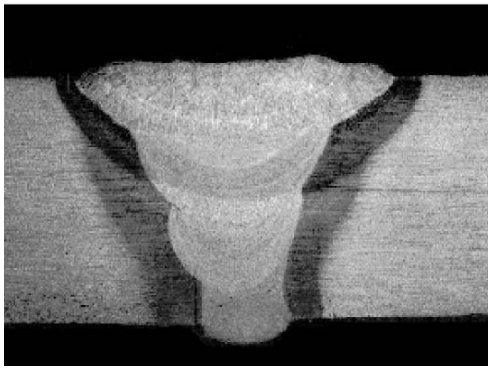
Inhalt

Böhler Thyssen WELDING

- Einführung
- Schweißzusätze für verschiedene Schweißprozesse
- Der Prozess des Metallschutzgasschweißens
- Herstellung von Fülldrahtelektroden
- Vorteile von Fülldrahtelektroden
- Einfluss von Niob und Kohlenstoff auf die mechanischen Eigenschaften und die Heißrissanfälligkeit von Nickelbasis- Fülldraht- Schweißgütern des Typs 70/20 bzw. 70/15
  - Heißrisse
  - Ergebnisse der Untersuchungen
  - Bruchaussehen
  - Hakenrisse
  - PVR- Test
- Zusammenfassung

Einführung

- Nickelbasiswerkstoffe können grob in drei Kategorien eingeteilt werden
  - Korrosionsbeständige Werkstoffe
  - Hitzebeständige Werkstoffe
  - Hochwarmfeste Werkstoffe
- Beim Schweißen kann man grundsätzlich zwischen
  - Auftragsschweißen und
  - Verbindungsschweißen unterscheiden
- Meist eingesetzte Prozesse beim Schmelzschweißen
  - Unterpulverschweißen (UP)
  - Wolframinertgas- Schweißen (WIG)
  - Stabelektrodenschweißen (E- Hand)
  - Metallschutzgasschweißen (MIG, MAG)



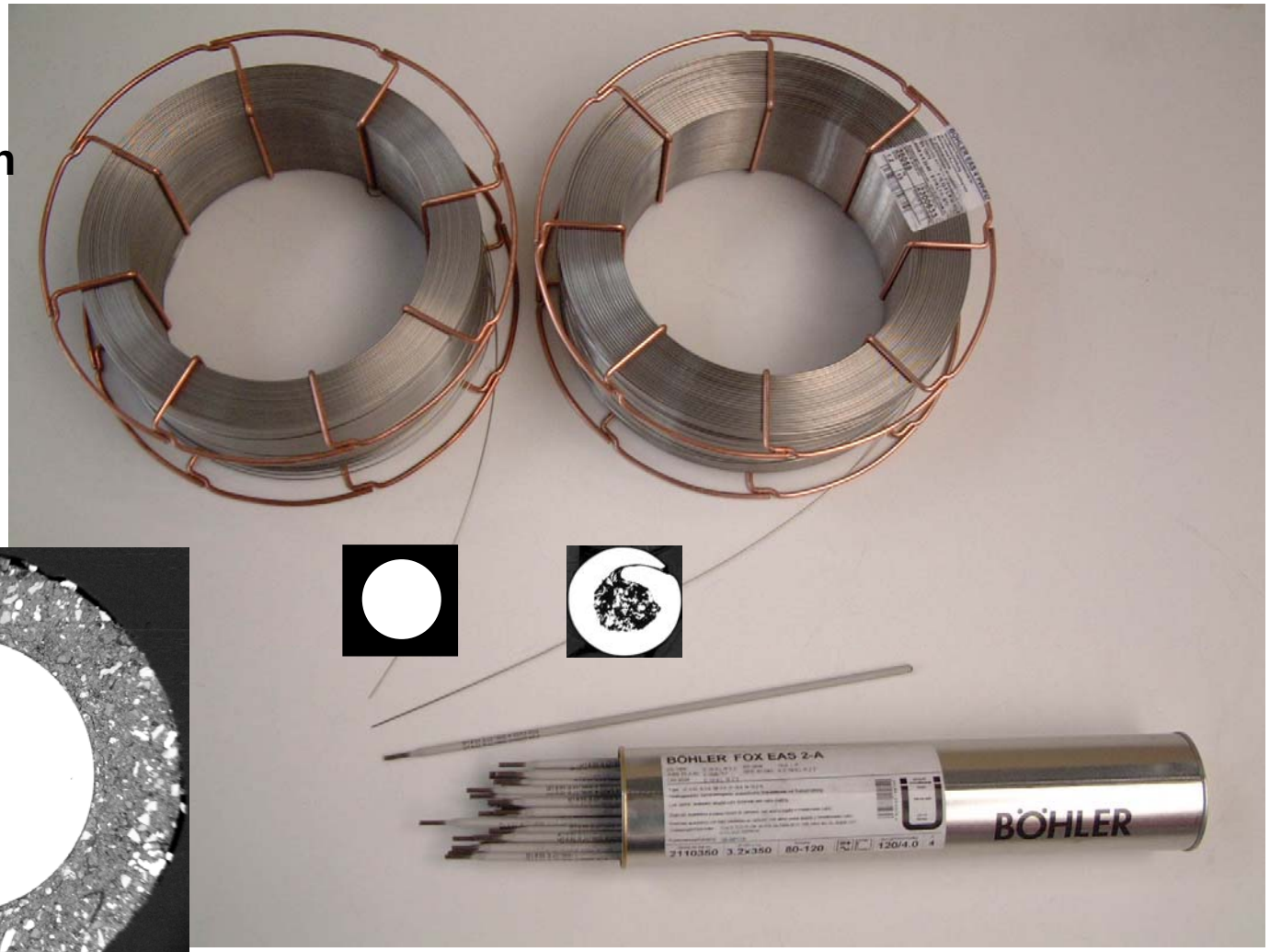
Schweißzusätze für das Schmelzschweißen

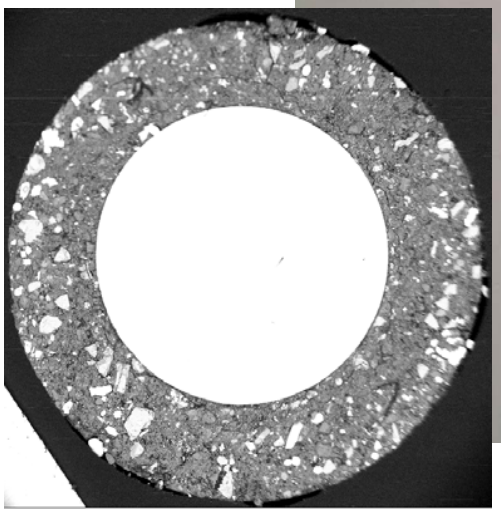
Böhler Thyssen WELDING

Metallschutzgas-Schweißen mit

- **Massivdrahtelektroden**
- **Fülldrahtelektroden**

E-Handschweißung mit Stabelektroden





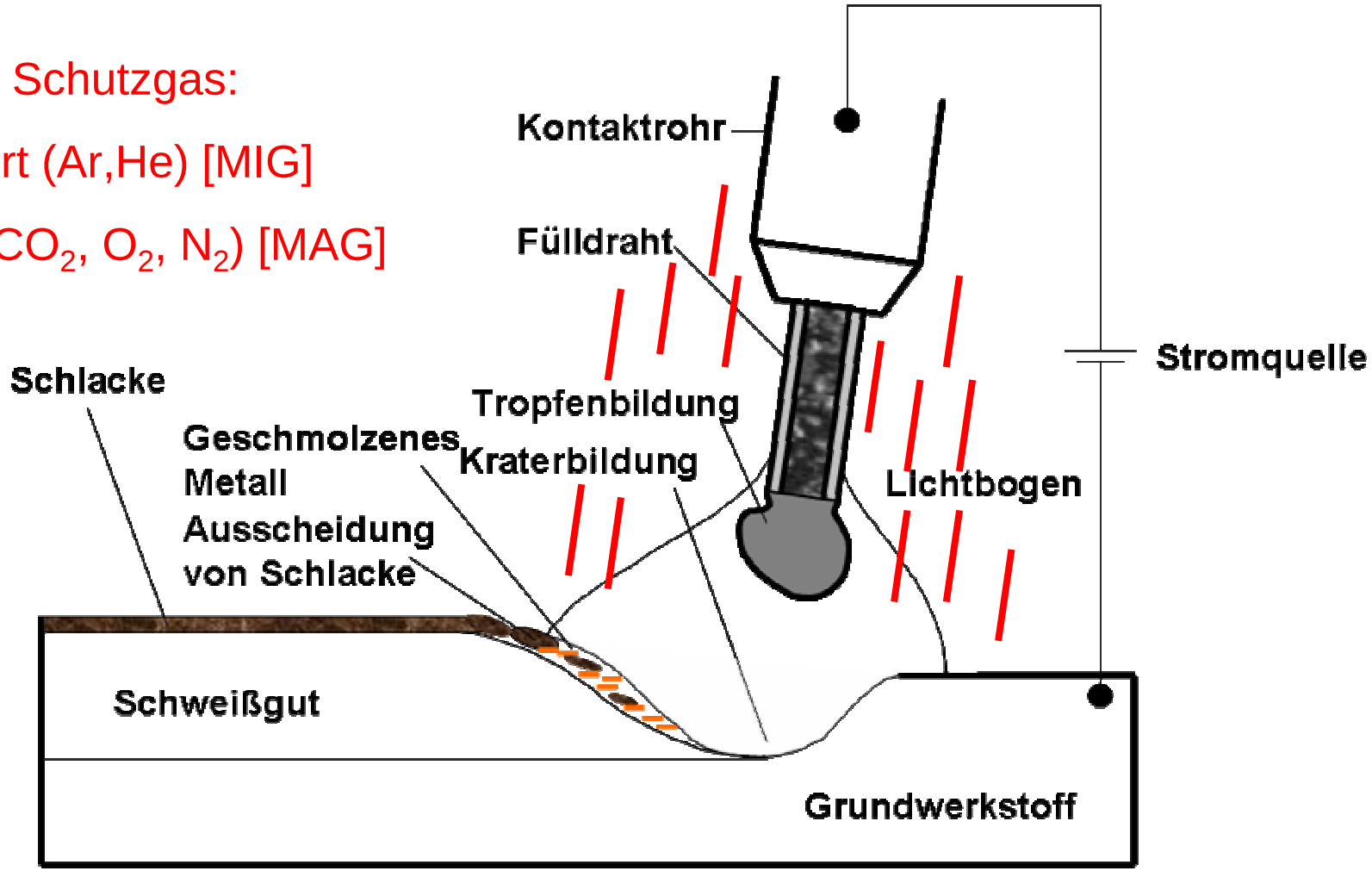
Metallschutzgasschweißen mit Fülldrahtelektroden

Böhler Thyssen WELDING

Schutzgas:

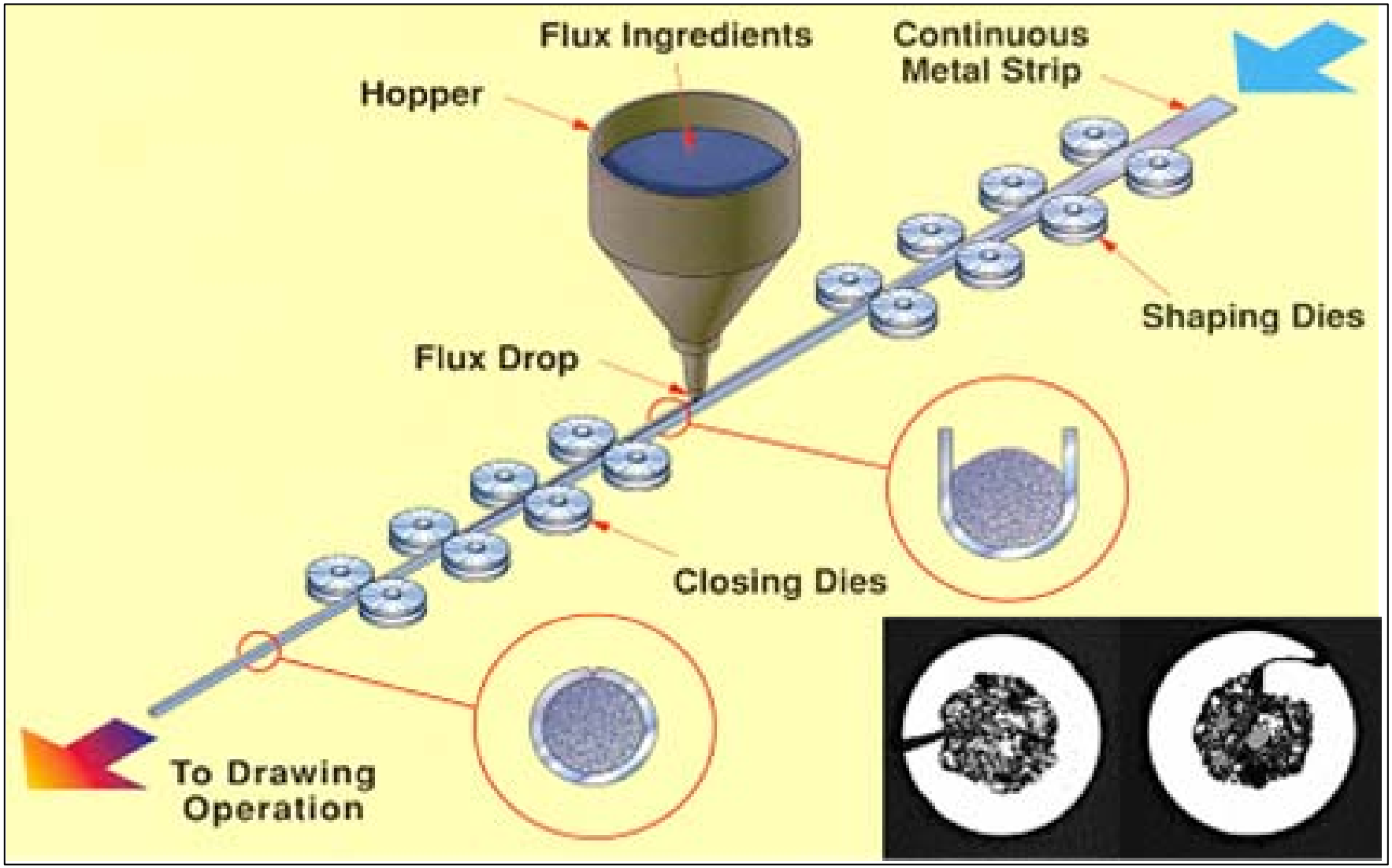
Inert (Ar,He) [MIG]

Aktiv (CO_2, O_2, N_2) [MAG]



Herstellung von Fülldrahtelektroden

Böhler Thyssen WELDING



Vorteile von Fülldrahtelektroden

Böhler Thyssen WELDING

- Einsatz von Standardstromquellen
- Einsatz von billigen Standardschutzgasen
- Großes Einsatzgebiet in Hinblick auf verwendbare Schweißparameter (Prozessparameter)
- Schutz des Schweißbades vor Oxidation durch die entstehende Schlacke
- Geringe Gefahr von Bindefehlern
- Hohe Abschmelzleistung
- Schweißung in allen Positionen möglich
- Sehr gute Schweißnahtqualität
- …

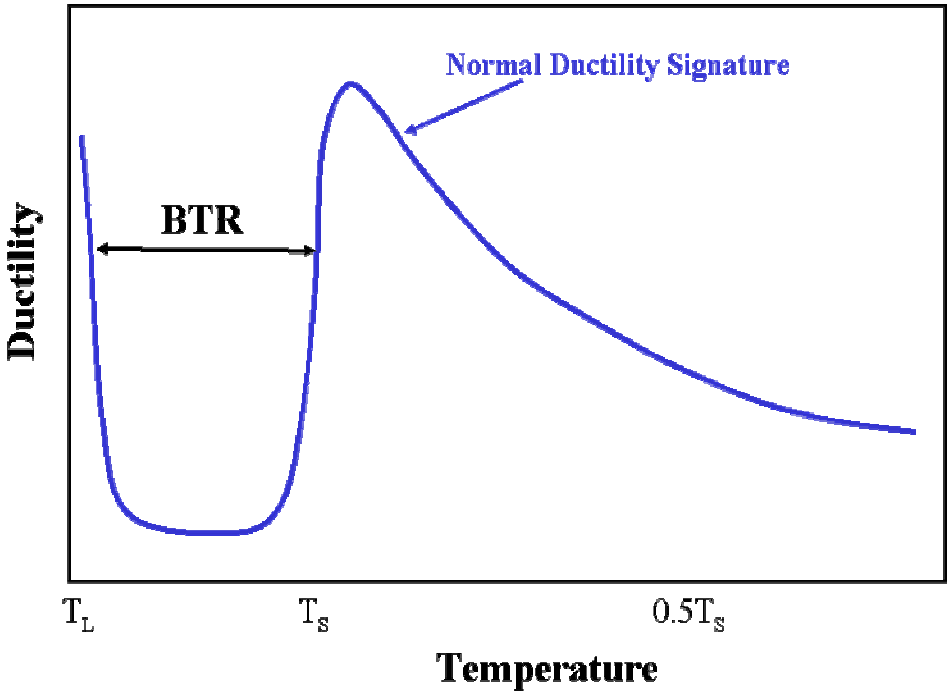
Gefahr durch Heißrisse

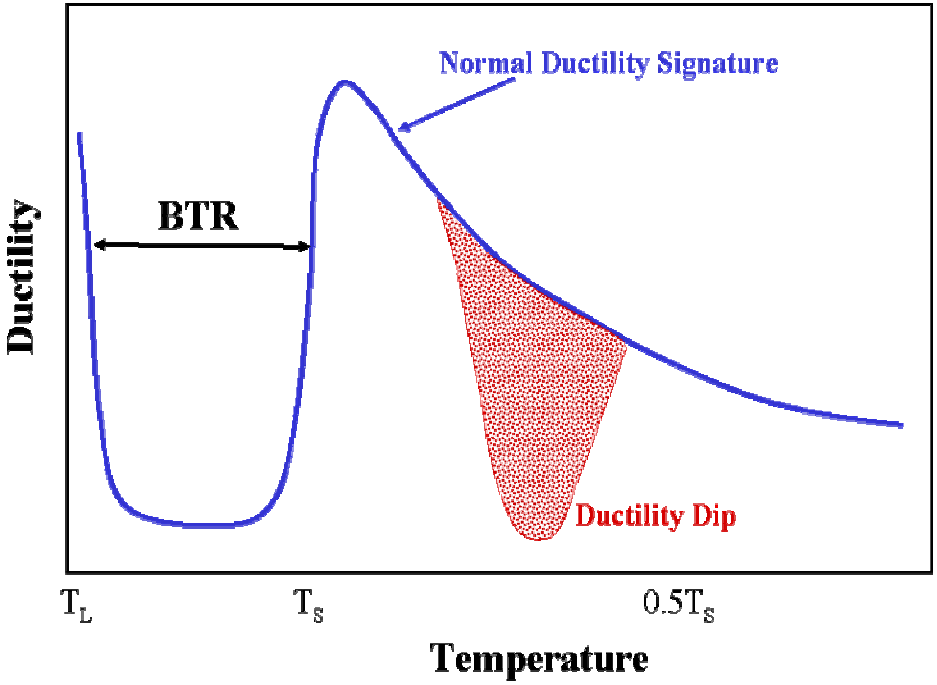
Böhler Thyssen WELDING

Einfluss von Niob und Kohlenstoff auf die mechanischen Eigenschaften und die Heißrissanfälligkeit von Nickelbasis-Fülldraht- Schweißgütern des Typs NiCr70/20 bzw. NiCr70/15

Heißrisse

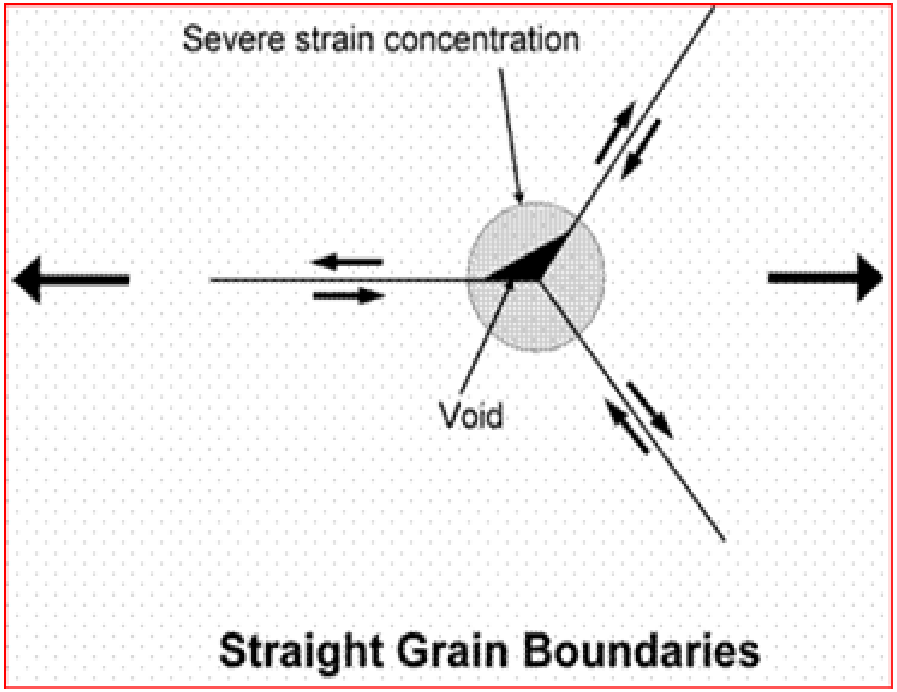
- Heißrisse bei Zugspannungen in Regionen mit geringer Duktilität
  - Brittle Temperature Range (BTR) *(solidification cracking)*
  - Low melting phases *(solidification/liquidification cracking)*
  - Ductility Dip region *(solid state cracking)*

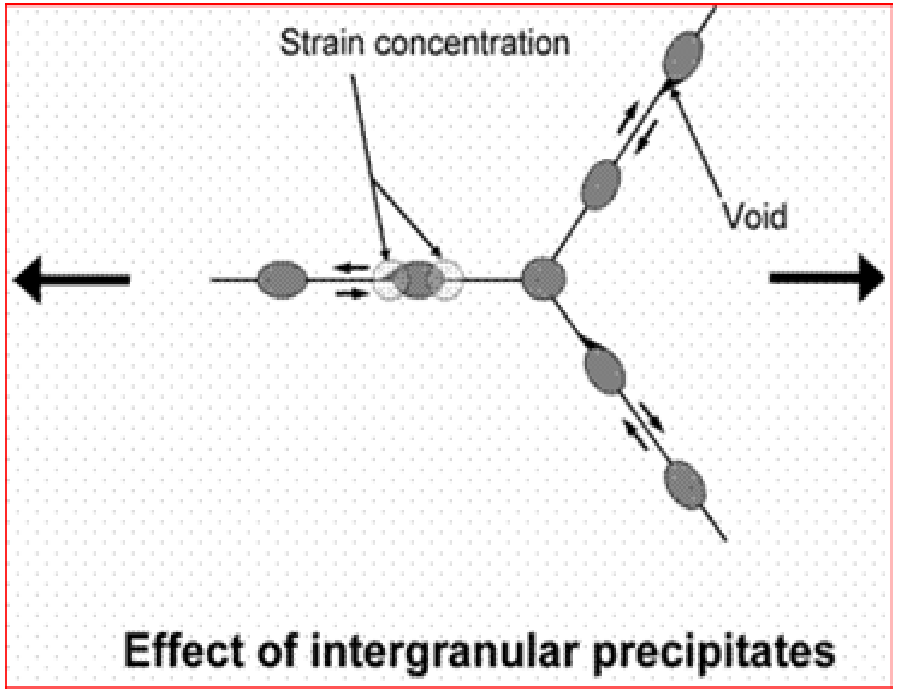




Vermeidung von Heißrissen

- Reduktion von Zugspannungen (Schrumpfbehinderung)
- „Saubere“ Legierungen (geringster Gehalt an niedrig schmelzenden Phasen)
- Ductility Dip (DDC): Einfluss von Korngrenzenausscheidungen!





Klassifikation von Nickelbasis Schweißzusätzen

Böhler Thyssen WELDING

	Classification / Standard	W.-No./ UNS No.		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Nb	Fe	Ti	Mo	Cu	Others*
Bare Electrodes / All-weld metal	NiCr20Nb DIN 1736 Bare Electrodes and Rods	2.4806	min			2,5			18,0	65,0	1,5					
			max	0,05	0,5	3,5		0,015	22,0		3,0	3,0	0,8		0,5	
	NiCr15FeMn DIN 1736 Weld Metal MMA-Electrode	2.4807	min			5,0			13,0	61,0	1,0	2,0				
			max	0,10	1,0	10,0		0,015	17,0		3,5	9,0	1,0		0,5	0,3 Ta
	ERNiCr-3 AWS A5.14 Bare Electrodes and Rods	N06082	min			2,5			18,0	67,0	2,0					
			max	0,10	0,5	3,5	0,03	0,015	22,0		3,0	3,0	0,75		0,5	0,5
	ENiCrFe-3 AWS A5.11 Weld Metal MMA-Electrode	W86182	min			5,0			13,0	59,0	1,0					
			max	0,10	1,0	9,5	0,03	0,015	17,0		2,5	10,0	1,0		0,5	0,5
	NiCr20Mn3Nb prEN ISO 14172, Weld Metal MMA-Electrode	6077	min			2,0			18,0	63,0	1,5					
			max	0,10	0,5	6,0			22,0		3,0	4,0	0,5	2,0	0,5	
	NiCr15Fe6Mn prEN ISO 14172, Weld Metal MMA-Electrode	6182	min			5,0			13,0	60,0	1,0	2,0				
			max	0,10	1,0	10,0			17,0		3,5	10,0	1,0		0,5	0,3 Ta
	NiCr20Mn3Nb prEN ISO 18274, Bare Electrodes and Rods	6082	min			2,5			18,0	67,0	2,0					
			max	0,10	0,5	3,5			22,0		3,0	3,0	0,7		0,5	
	NiCr16Fe8Nb prEN ISO 18274, Bare Electrodes and Rods	6062	min						15,0	70,0	1,5	5,0				
			max	0,08	0,3	1,0			17,0		3,0	9,0			0,5	
Base metal	NiCr15Fe, Alloy 600	2.4816 N06600	min						14	72		6				
			max	0,08	0,5				17			10	0,3		0,5	0,3 Al
	LC-NiCr15Fe, Alloy 600 L	2.4817 N06600	min						14	72		6				
			max	0,03	0,5				17			10	0,3			

■ Ni-base Type 70/20 ■ Ni-base Type 70/15 * Sum must not exceed 0,5wt.%

Variation des C- und Nb- Gehaltes

Böhler Thyssen WELDING

	Consumable type	Solid wire	MMA-Electrode		Metal-cored wires MCW								Flux-cored wires FCW								
Consumable		Market products			Testing wires								Testing wires			Market products					
	Alloy type	Ni-base 7020			Ni-base 70/20								Ni-base 70/20			Ni-base 70/20			Ni-base 70/15		
	Alloy No.	1	2a	2b	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18a	18b
Nb- / C-content	Nb [%] in Filling	2,5	n.k.		0,0	1,0	2,0		3,0		3,5		1,0	2,0	3,0	n.k.	2,4	n.k.	n.k.	1,9	
	C [%] in Filling	≤0,03	n.k.		0,05	0,05	0,05	0,1	0,05	0,1	0,05	0,1	0,05	0,05	0,05	n.k.					
	Nb/C-ratio	83	n.k.		0	20	40	20	60	30	70	35	20	40	60	n.k.					
Heat Input	AWM [kJ/cm]	12,2	9.6-10.3	-	11,9	12,8	12,5	9,5	12,2	9,5	14,8	9,7	9,5	9,3	9,3	9,5	10,4	8,5	9,1	-	
	PD [kJ/cm]	13,4	9.6-10.5	5.6-6.2	8,6	8,7	8,4	8,3	8,2	7,9	8,2	7,9	6,5	6,5	6,3	-	-	-	-	13,0	7,6

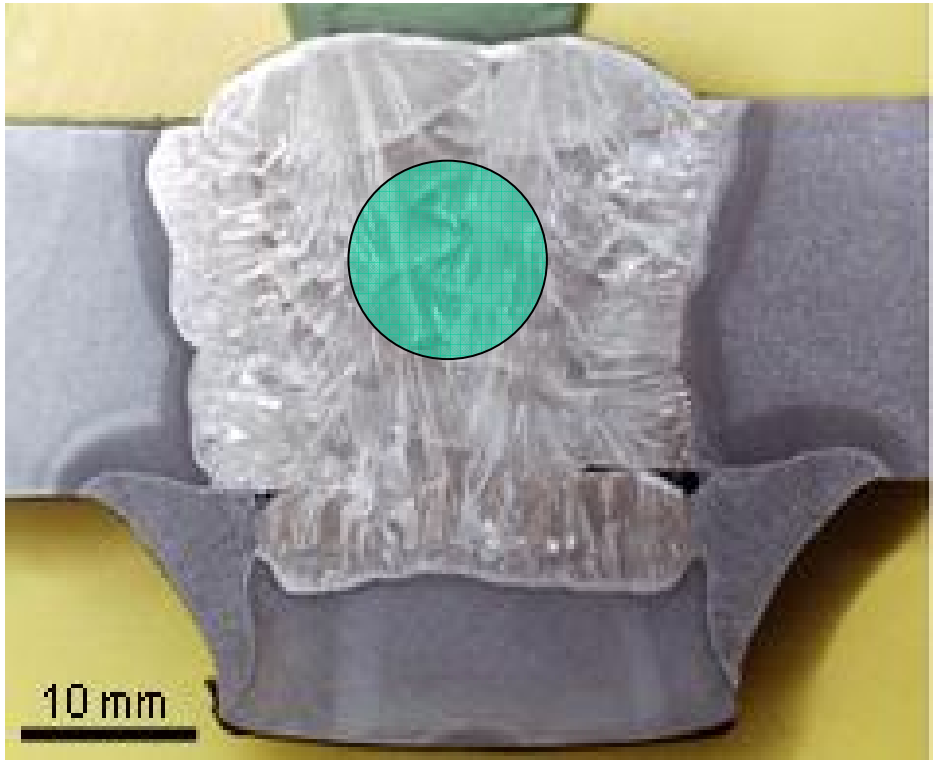
- no weld metal manufactured **n.k.** = not known

MCW…Metallpulverfülldraht AWM…reines Schweißgut

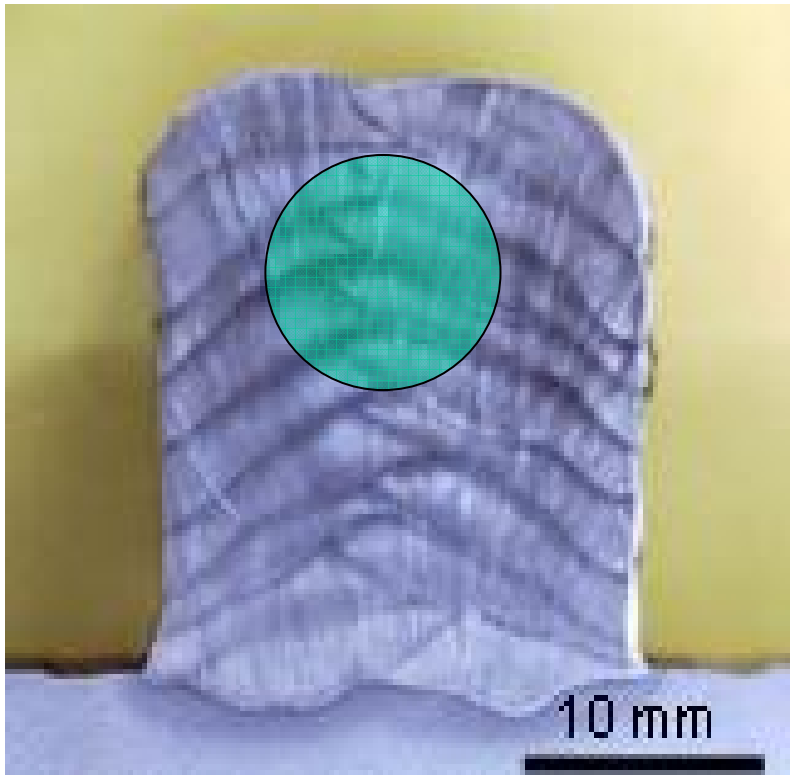
FCW…schlackeführender Fülldraht PD…Auftragsschweißung

Probenschweißung und Probenentnahme

Böhler Thyssen WELDING



Reines Schweißgut (AWM) nach EN 1597-1

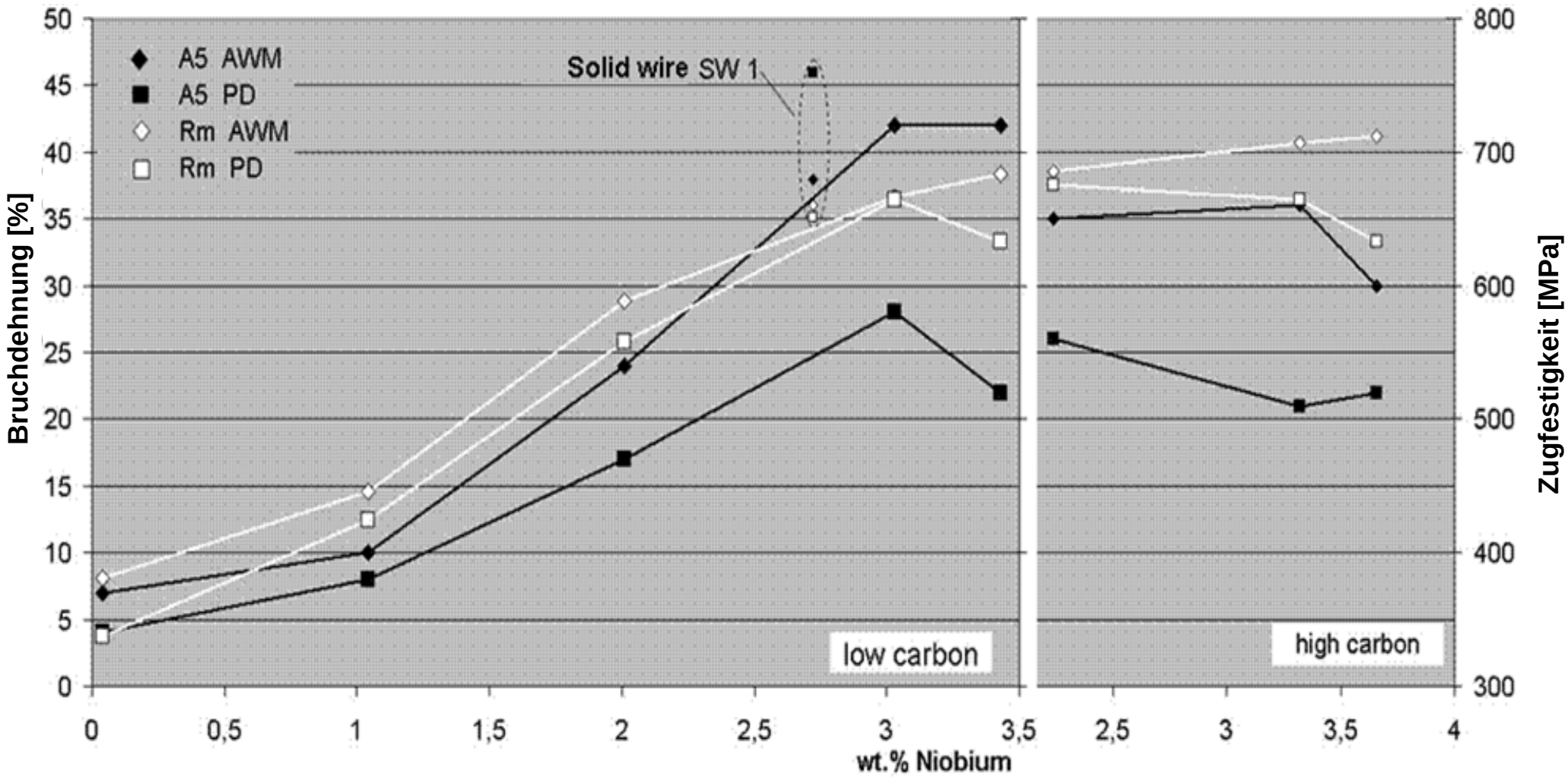


Auftragsschweißung (PD)

Probenentnahme (Rundzugprobe)

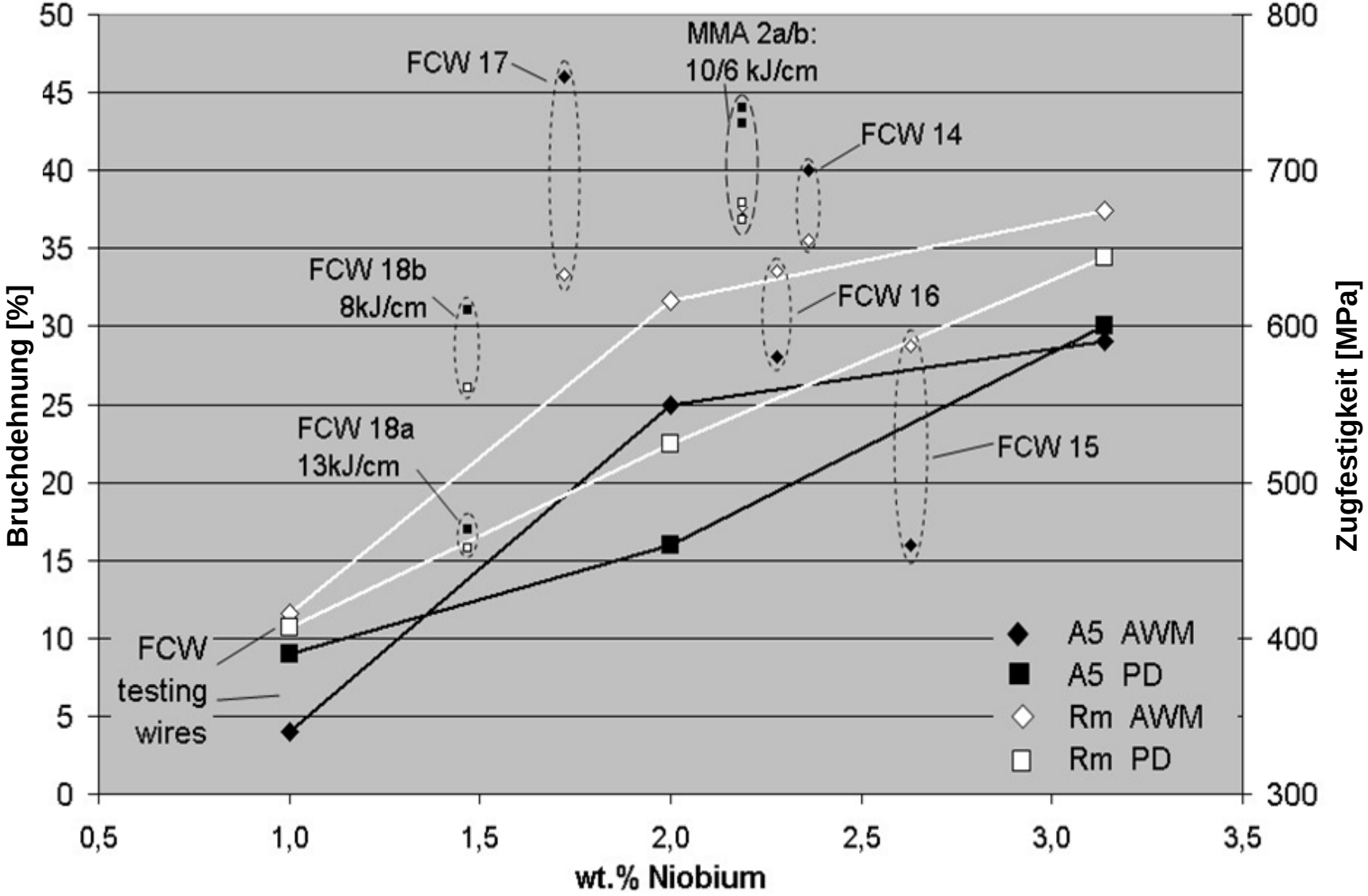
Einfluss von Nb auf Bruchdehnung und Zugfestigkeit (Metallpulverfülldraht – Massivdraht)

Böhler Thyssen WELDING



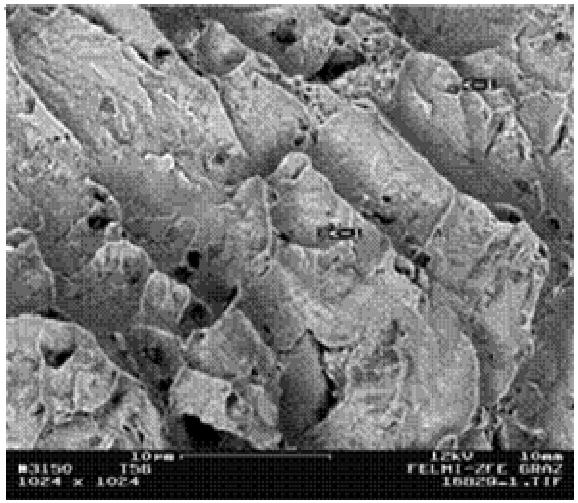
Einfluss von Nb auf Bruchdehnung und Zugfestigkeit (Metallpulverfülldraht – schlackeführende Fülldrähte)

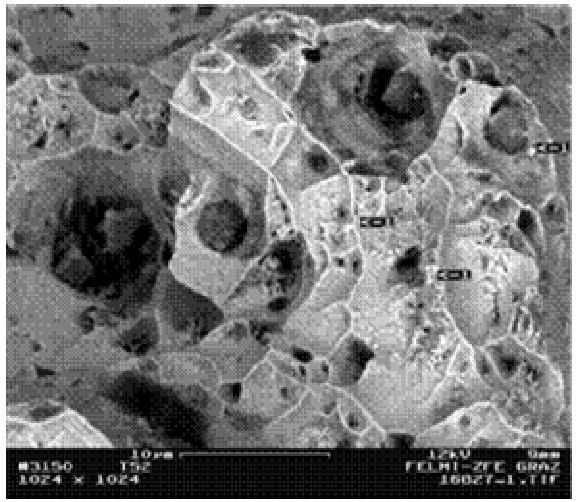
Böhler Thyssen WELDING

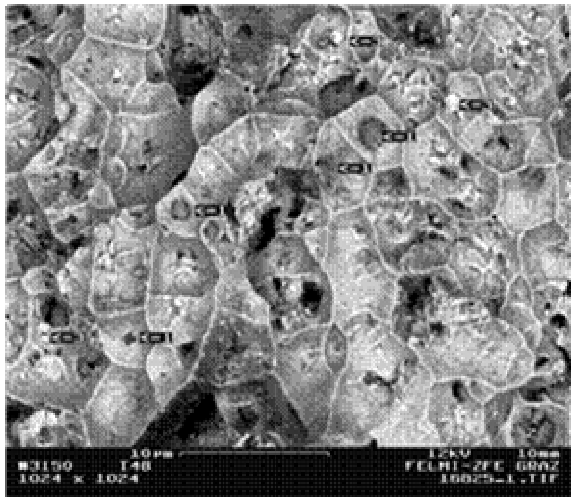


Einfluss von Nb auf das Bruchaussehen

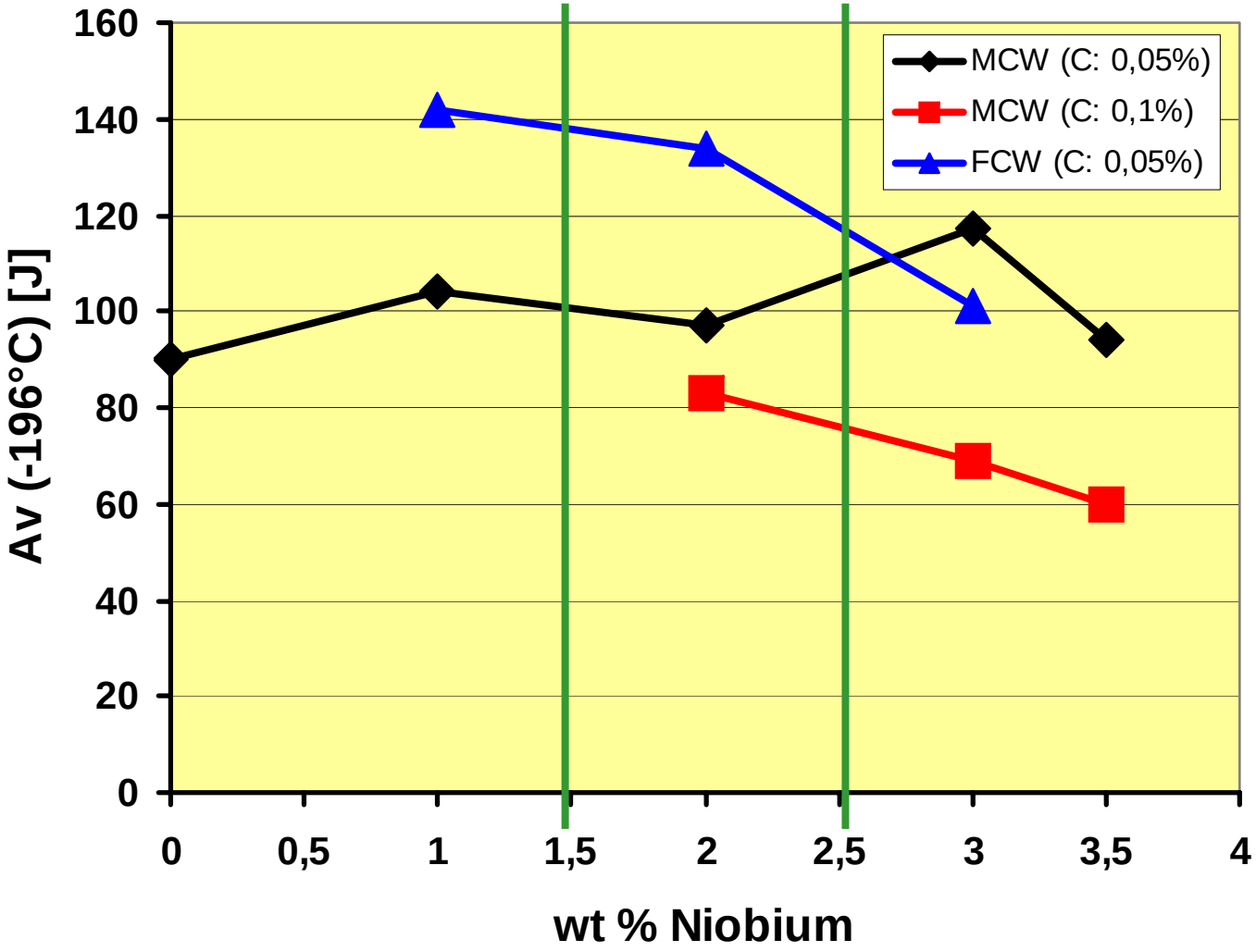
Böhler Thyssen WELDING







Einfluss von Nb auf die Tieftemperaturzähigkeit (-196°C)

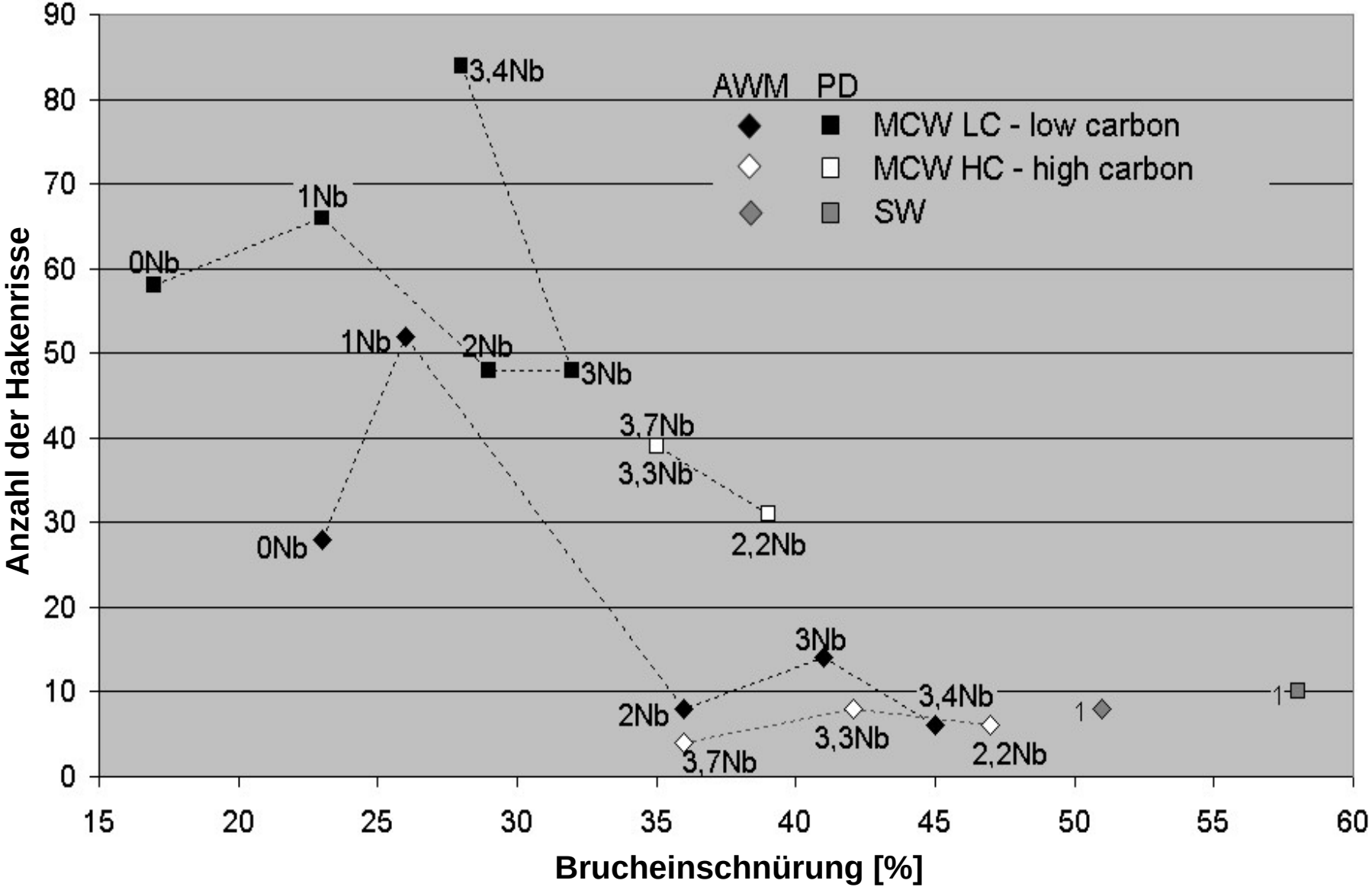


Hakenrisse an gebrochenen Proben bzw. Bauteilen

Böhler Thyssen WELDING

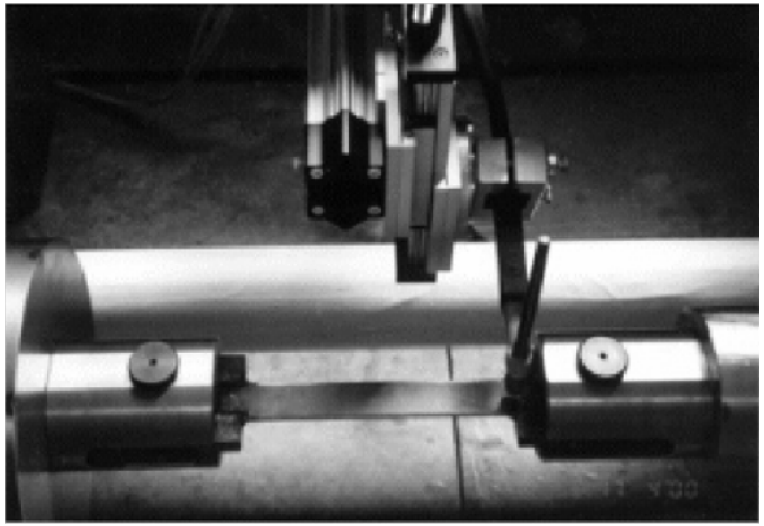
Bruchfläche

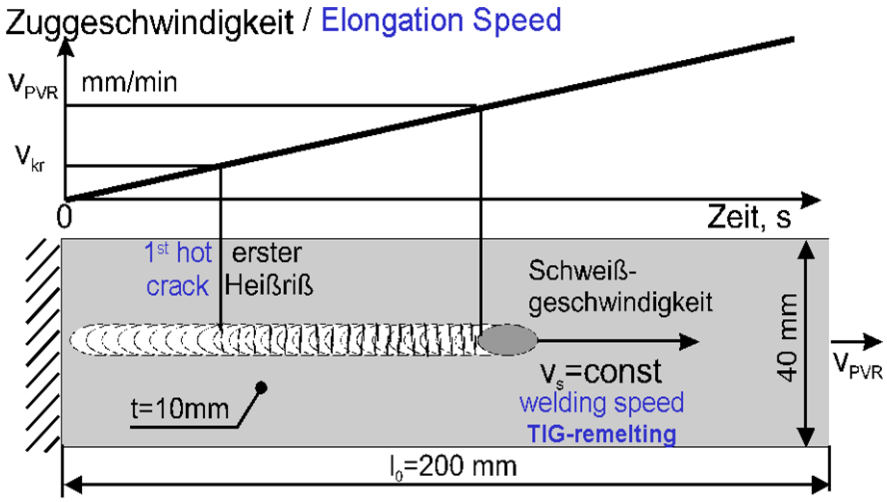
Einfluss der Hakenrisse auf die Brucheinschnürung



Messung der Heißrissanfälligkeit mit dem PVR-Test (programmierter Verformungsriss- Prüftest)

Böhler Thyssen WELDING

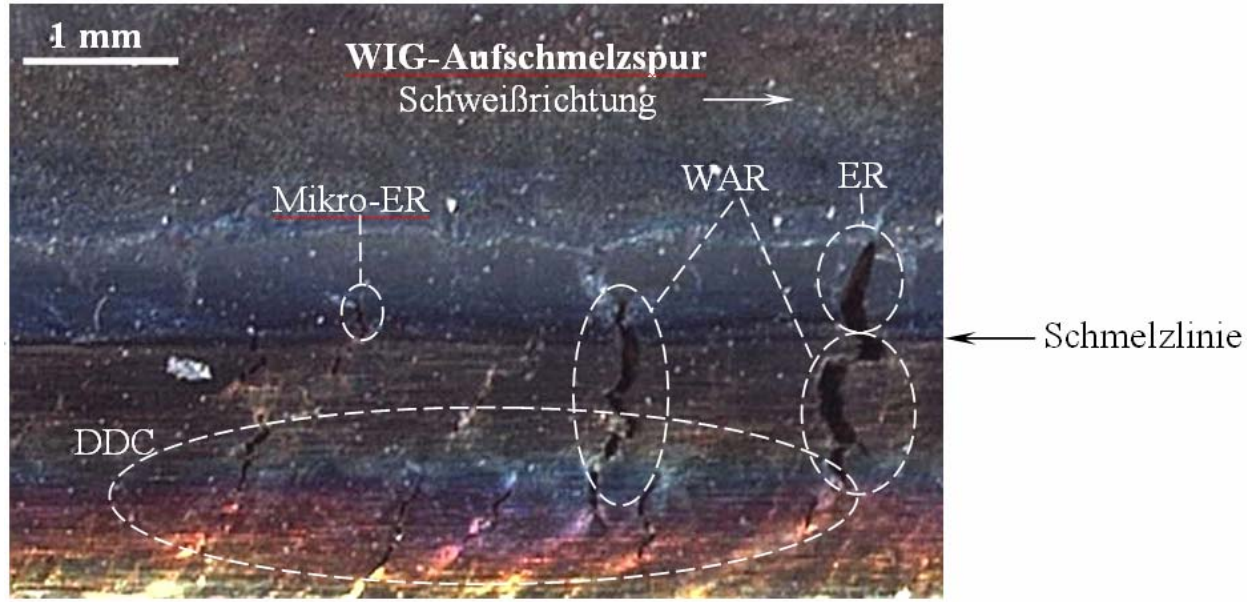




ER Erstarrungsheißriss / SC Solidification Crack

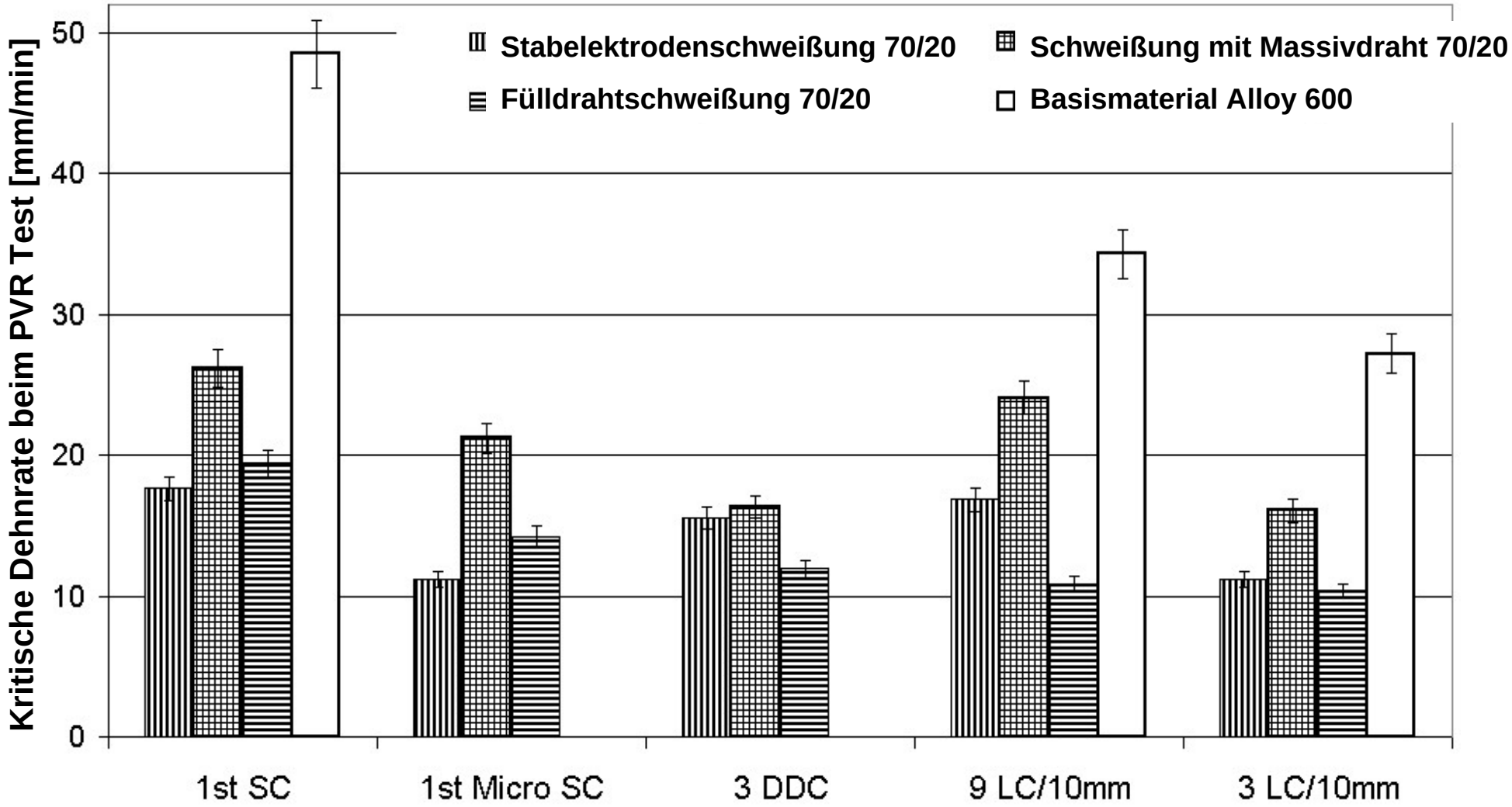
WAR Wiederaufschmelzriss / LC Liquation Crack

DDC Ductility Dip Crack / Riss infolge Verformbarkeitsabfall



Vergleich der Heißrissanfälligkeit von unterschiedlichen Schweißgütern - Grundwerkstoff

Böhler Thyssen WELDING



PVR-Test Ergebnis: Reines Schweißgut Stabelektrodenschweißung, Fülldrahtschweißung und Schweißung mit Massivdrahtelektroden im Vergleich zum Grundwerkstoff - umgeschmolzen (WIG-6,8kJ/cm)

Zusammenfassung

Böhler Thyssen WELDING

- **Für die Legierungstypen NiCr 70/20 und NiCr 70/15 führt eine Nb- Zugabe von ca. 2% zu einer Verringerung der Heißrissanfälligkeit**
- **Ein optimaler Nb-Gehalt kann mit 2% bis 2,5% beziffert werden**
- **Ductility Dip Cracking wird verringert durch eine NbC Ausscheidung an Korngrenzen**
- **Schweißzusätze zeigen eine höhere Anfälligkeit gegenüber Heißrisse als Grundwerkstoffe**
- **Schweißgüter hergestellt mit Massivdrähten zeigen eine geringere Heißrissanfälligkeit, jedoch höhere Anforderungen bezüglich Stromquellen, Schutzgase und Schweißerhandfertigkeit**
- **Nickelbasis- Fülldraht- Elektroden mit optimierten Schlackensystemen zeigen bestes Schweißverhalten kombiniert mit höchster Abschmelzleistung und geringer Heißrissneigung**