



سازمان جهاد دانشگاهی تهران

طرح فناوریانه

"تکمیل دانش فنی ساخت و تولید کریستالیزاتور صنایع فولاد و ریخته‌گری"

عنوان مدرک :

گزارش فنی کریستالیزاتور (برخی اسناد و مدارک خواسته شده)

مجری :

مهندس سید حسن سجادیان

مرکز تحقیقات و فناوری مواد ویژه فلزی

آذر ۱۴۰۰

آنالیز میکروساختاری

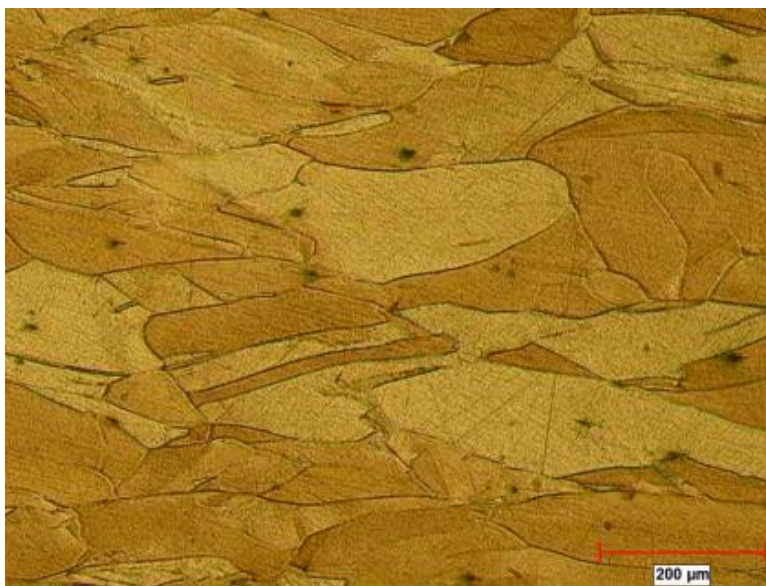
جهت تعیین ساختار میکروسکوپی ابتدا نمونه با ابعاد مشخص آماده گردید و پس از مراحل آماده سازی نمونه و پولیش نهایی با استفاده از محلول اچانت با ترکیب شیمیایی اسید هیدروکلریک، کلرید آهن 3 والکل اچ گردید. لازم به ذکر است نمونه در دو جهت، یکی در راستای نورد و دیگر در جهت عمود بر نورد مورد بررسی ریزساختاری قرار گرفت. ریزساختار نمونه شامل فاز α با عدد اندازه دانه غالباً در محدوده ASTM 2-3 (قطر متوسط ۱۷۹.۶ - ۱۲۷ میکرومتر) با کشیدگی در جهت کارمکانیکی به همراه مقداری دوقلویی می باشد. همانطور که در تصاویر مشاهده می شود ریزساختار عاری از هرگونه ناخالصی، تخلخل و ترک می باشد و تنها به مقدار بسیار کم و با توزیع پراکنده رسوبات اکسید مس با رنگ تیره و دایروی شکل مشاهده می شوند که اندازه آنها نیز بسیار کوچک می باشد.



شکل ۱- ریزساختار نمونه در راستای نورد
بزرگنمایی ۲۵ X



شکل ۲- ریزساختار نمونه در جهت عمود بر نورد
بزرگنمایی ۵۰ X



شکل ۳- ریزساختار نمونه در راستای نورد
بزرگنمایی ۵۰ X



شکل ۴- ریزساختار نمونه در راستای نورد

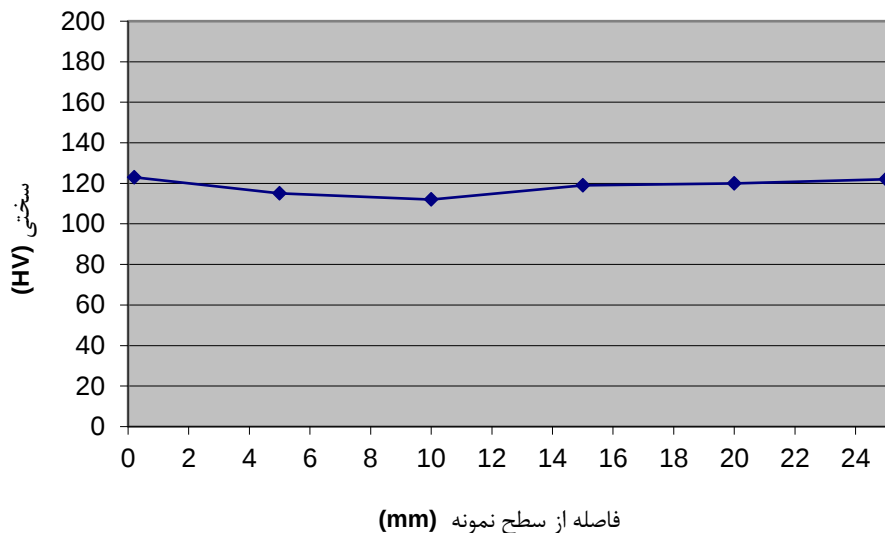
بزرگنمایی ۱۰۰ X

نتایج سختی سنجی

جهت بدست آوردن عمق سختی و پروفیل آن، سختی سنجی در جهت ضخامت نمونه انجام گرفت. سنجی سنجی به روش ویکرز و با مقدار نیروی ۳۰۰gf انجام گرفت. نتایج سختی سنجی تا عمق ۲۵ میلی متری از سطح نمونه در جدول ۱ آورده شده است. مطابق جدول ۱ سختی کاملاً یکنواختی در سطح و عمق قطعه وجود دارد و افت سختی در عمق قطعه مشاهده نمی شود و نشان دهنده آن است که مقدار تغییر شکل ناشی از کارسرد به طور یکنواخت تا عمق قطعه پیش رفته است. همچنین پروفیل عمق سختی در شکل ۵ قابل مشاهده می باشد.

جدول ۱- نتایج سختی سنجی در عمق

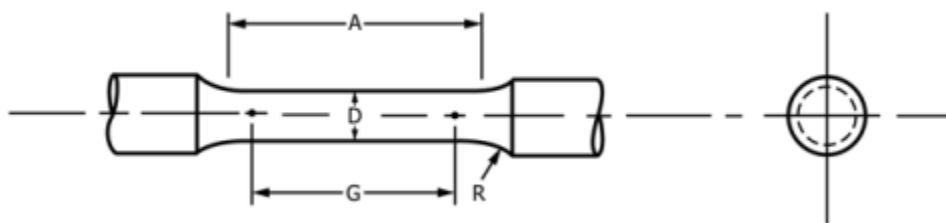
فاصله از سطح نمونه (mm)	۰.۲	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵
سختی (HV)	۱۲۳	۱۱۵	۱۱۲	۱۱۹	۱۲۰	۱۲۲



شکل ۵- پروفیل عمق سختی در فاصله ۲۵ میلی متری از سطح نمونه

نتایج خواص کششی

برای اندازه گیری خواص کششی قطعه ابتدا مطابق استاندارد ASTM E8/E8M-16 نمونه سازی شد. ابعاد نمونه کشش مطابق این استاندارد در شکل ۶ آورده شده است.



Dimensions, mm [in.]					
For Test Specimens with Gauge Length Five times the Diameter [E8M]					
	Standard Specimen		Small-Size Specimens Proportional to Standard		
	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3	Specimen 4	Specimen 5
G—Gauge length	62.5 ± 0.1 [2.500 ± 0.005]	45.0 ± 0.1 [1.750 ± 0.005]	30.0 ± 0.1 [1.250 ± 0.005]	20.0 ± 0.1 [0.800 ± 0.005]	12.5 ± 0.1 [0.565 ± 0.005]
D—Diameter (Note 1)	12.5 ± 0.2 [0.500 ± 0.010]	9.0 ± 0.1 [0.350 ± 0.007]	6.0 ± 0.1 [0.250 ± 0.005]	4.0 ± 0.1 [0.160 ± 0.003]	2.5 ± 0.1 [0.113 ± 0.002]
R—Radius of fillet, min	10 [0.375]	8 [0.25]	6 [0.188]	4 [0.156]	2 [0.094]
A—Length of reduced parallel section, min (Note 2)	75 [3.0]	54 [2.0]	36 [1.4]	24 [1.0]	20 [0.75]

شکل ۶- تصویر و ابعاد نمونه تست کشش مطابق استاندارد ASTM E8

گزارش نتایج آزمایشات کنترل کیفی قالب اسلب فولادی (کریستالیزاتور)

نتایج تست کشش نمونه در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲- نتایج خواص کششی نمونه

نمونه	استحکام تسلیم [0.2%] (N/mm ²)	استحکام کششی (N/mm ²)	ازدیاد طول نسبی (%)
Cu-Ag	۳۲۰	۳۳۱	۱۸

مقایسه نتایج خواص مکانیکی محصول تولیدی با محصول تولیدی شرکت KME و نتایج مورد درخواست کارخانه مبارکه

خواص مکانیکی محصول تولیدی شرکت KME از قالب اسلب فولادی با ترکیب شیمیایی مطابق با نمونه تولیدی توسط جهاد دانشگاهی تهران در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳ - KME materials for mould plates, block moulds and casting rolls

Material Properties*	Temperature		Units	CuAg-GS	CuAg-NS	ELBRODUR* G/GP	ELBRODUR* GP-NS/ GD-NS	ELBRODUR* GR** 40/50/60	ELBRODUR* B95	ELBRODUR* B95S	ELBRODUR* NIB
Chemical composition (without copper)	%			0.09 Ag	0.1 Ag	0.65 Cr	0.65 Cr	0.65 Cr	1.0 Co	1.4 Co	1.5 Ni
				0.006 P	0.004 P	0.1 Zr	0.1 Zr	0.1 Zr	0.1 Be	0.3 Be	0.2 Be
< 1.5 others											
Physical Properties	°C	°F									
Electrical conductivity	20	68	S·m/mm ²	54	57	48	49	23/29/35	35	31	40
	% IACS			93	98	83	84	40/50/60	60	54	69
Thermal conductivity	20	68	W/(m·K)	377	385	350	350	160/205/250	240	220	290
Coefficient of thermal expansion	20-300	68-572	10 ⁻⁶ /K	17.7	17.7	18	18	18	18	18	18
Recrystallisation temperature	-	-	°C	370	350	(800)	(800)	(800)	(800)	(800)	(800)
Softening temperature***	-	-	°C			580	580	580	590	590	590
Modulus of elasticity	20	68	10 ⁴ MPa	125	125	128	128	128	128	128	128
Mechanical Properties	°C	°F									
0.2 % Proof stress R _{p0.2}	20	68	MPa	275	285	285/330	370/380	275	490	610	510
	200	392		245	255	260/290	330/335	250	450	580	500
	350	662		(200)	(200)	230/255	300/305	220	430	540	470
	500	932		(20)	(20)	(200/220)	(245/250)	(180)	(400)	(450)	(420)
Tensile strength R _m	20	68	MPa	280	290	410/420	430/440	400	630	720	630
	200	392		250	250	350/365	370/375	340	570	670	570
	350	662		(210)	(210)	295/310	325/330	290	500	600	510
	500	932		(80)	(80)	(230/250)	(255/260)	(215)	(440)	(500)	(430)
Elongation A ₅	20	68	%	16	17	25/22	19	26	13	10	12
	200	392		14	15	24/20	16	23	11	7	10
	350	662		(12)	(12)	22/19	16	21	(5)	(3)	(4)
	500	932		(70)	(70)	(22/19)	(16)	(21)	(3)	(2)	(3)
Hardness HBW 2.5/62.5 ¹⁾	20	68		90	90	120/130	135	120	200	235	200



گزارش نتایج آزمایشات کنترل کیفی قالب اسلب فولادی (کریستالیزاتور)

نتایج خواص مورد درخواست فولاد مبارکه در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ۴- نتایج خواص مورد درخواست فولاد مبارکه طبق اطلاعات درج شده در نقشه ارسالی توسط شرکت مبارکه

SIZE (MM)	استحکام کششی (kp/mm ²)	نقطه تسلیم (kp/mm ²)	ازدیاد طول نسبی (%)	استحکام ضربه ای (J)	سختی HB
-	Min 30	Min 25	-	-	Min 80 Kp/mm ²

نتایج خواص مکانیکی به صورت خلاصه در جدول ۵ آورده شده است. همانگونه که مشاهده می شود خواص مکانیکی محصول تولیدی توسط جهاد دانشگاهی کاملاً مطابق با خواص مکانیکی صفحات تولیدی توسط شرکت KME و حتی کمی بالاتر از آن نیز می باشد.

جدول ۵- خلاصه مقایسه نتایج خواص مکانیکی

محصول	استحکام تسلیم [0.2%] (N/mm ²)	استحکام کششی (N/mm ²)	ازدیاد طول نسبی (%)
جهاد دانشگاهی تهران	۳۲۰	۳۳۱	۱۸
شرکت KME	۲۸۵	۲۹۰	۱۷
درخواستی فولاد مبارکه	۲۵۰	۳۰۰	