

Compacted Graphite Iron

CGI(Compacted Graphite Iron)의 흑연 입자는 개별적인 '웜 모양' 또는 버뮤쿨러 입자로 나타납니다. 입자는 회주철처럼 길쭉하고 무작위로 방향을 잡습니다. 하지만 주철의 흑연 조각보다 짧고 두껍고 가장자리가 둥글습니다. CGI 흑연 입자는 2차원으로 볼 때 웜 모양(수직)으로 보이지만, 예칭된 SEM 마이크로그래프는 개별 '웜'이 공유 세포 내에서 가장 가까운 이웃에 연결되어 있음을 보여줍니다. 이 복잡한 산호와 같은 흑연 형태는 둥근 모서리와 불규칙한 울퉁불퉁한 표면과 함께 흑연과 철 매트릭스 사이에 강력한 접착을 초래합니다. 이 CGI 흑연 형태는 균열의 시작과 성장을 억제하며 회주철에 비해 향상된 기계적 특성의 원천입니다.

CGI에 대한 ISO 16112(2017 국제 표준)은 최소 인장 강도 300 MPa에서 500 MPa(GJV 300에서 GJV 500)까지 5가지 등급의 CGI를 제공합니다. 이러한 각 등급에 대해 미세 구조 사양에는 0-20%의 구화율 범위가 필요합니다. 펄라이트 함량은 GJV 300 등급이 완전 펄라이트이고 GJV 500 등급이 완전 펄라이트인 용도에 맞게 선택할 수 있습니다. 플레이크 흑연은 허용되지 않습니다. 회주철 및 연성 철과 마찬가지로 특정 합금 요소를 추가하여 고온 강도, 내마모성 또는 기타 특성을 개선할 수 있습니다. 오스뎀퍼링을 포함한 모든 범위의 열 처리도 적용할 수 있습니다. CGI 주물의 화학적 사양은 기계적 특성에 종속되지만 일반적인 화학적 범위는 아래에 제공됩니다

0-20% 구화율 CGI에 대한 일반적인 화학성분 범위

Grade	Pearlite (%)	Chemical Analysis (%)								
		C	Si	CE	Mn	S	Mg	CeMM	Cu	Sn
GJV 400	~ 70	3.6-3.8	2.1-2.5	4.4-4.7	0.2-0.4	0.005-0.022	0.006-0.014	0.01-0.03	0.3-0.6	0.03-0.05
GJV 450	> 90	3.6-3.8	2.1-2.5	4.4-4.7	0.2-0.4	0.005-0.022	0.006-0.014	0.01-0.03	0.7-1.0	0.08-0.10

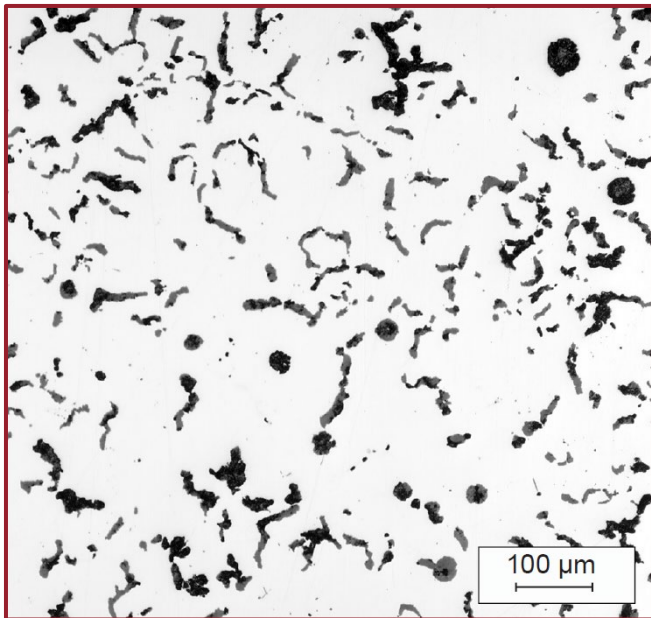


그림 1: 10% 구화율의 CGI 조직

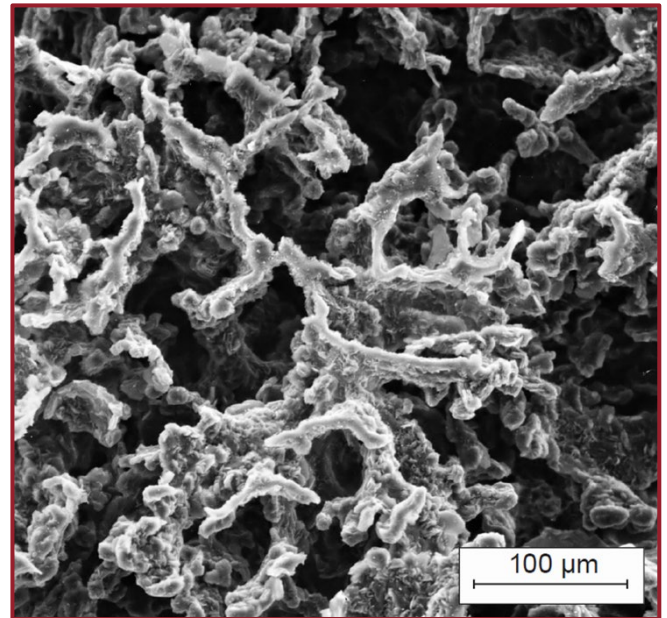


그림 2: 예칭된 SEM 마이크로그래프는 복잡한 산호와 같은 흑연을 3차원으로 보여줍니다

10% 구화율 CGI – ISO 16112 의 기계적 및 물리적 특성

Property	Test Method	Temp (C°)	GJV 400	GJV 450
Pearlite Content (%)			~ 70	> 90
Ultimate Tensile Strength (MPa)	ASTME 8M (25°C)	25	400–475	450–525
	ASTME 21 (100°C & 300°C)	100	375–450	425–500
		400	300–375	350–425
0.2% Yield Strength (MPa)	ASTME 8M (25°C)	25	280–330	315–365
	ASTME 21 (100°C & 300°C)	100	255–305	290–340
		400	230–280	265–315
Elastic Modulus (GPa)	ASTME 8M (25°C)	25	140–150	145–155
	ASTME 21 (100°C & 300°C)	100	135–145	140–150
		400	130–140	135–145
Elongation (%)	ASTME 8M (25°C)	25	1.0–3.5	1.0–2.5
	ASTME 21 (100°C & 300°C)	100	1.0–3.0	1.0–2.0
		400	1.0–2.5	0.5–1.5
Endurance Ratio (Fatigue Limit/UTS)	Rotating-Bending	25	0.45–0.50	0.45–0.50
	Tension-Compression	25	0.25–0.35	0.25–0.35
	3-point bending	25	0.60–0.70	0.60–0.70
Thermal Conductivity (W/m-K)	Comparative axial heat flow	25	39	38
	ASTME 1225	100	39	37
		400	38	36
Thermal Expansion Coefficient (µm/m-K)	Pushrod dilatometry	100	11.0	11.0
	DIN 51 045	400	12.5	12.5
Poisson's Ratio	ASTME 132	25	0.26	0.26
		100	0.26	0.26
		400	0.27	0.27
0.2% Compressive Yield (MPa)	ASTME 9 (medium length)	25	380–420	410–440
		400	280–320	350–390
Fatigue Strength Reduction Factor	Dependent on notch geometry	25	1.20–1.60	1.20–1.60
Density (g/cc)	Displacement (750 x 25 x 25) mm	25	7.0–7.1	7.0–7.2
Brinell Hardness (BHN)	10 mm diameter, 3000 kg load	25	183–235	207–255

냉각속도의 영향

주물의 냉각 속도는 세 가지 방식으로 미세 구조에 영향을 미칩니다. 첫째, 높은 냉각 속도는 평방 밀리미터당 공용 셀의 수를 증가시켜 재료를 보강하고 강화하는 더 많은 입자 경계를 만듭니다. 둘째, 냉각 속도가 빠른 얇은 벽(<4~5mm)은 구화율이 더 높은 경향이 있으며, 아마도 최대 50% 정도 구화율이 더 높아 더 높은 강도를 제공할 것입니다. 열 질량이 큰 구성 요소에서는 이러한 효과가 덜합니다. 셋째, 더 빠른 냉각 속도는 더 미세한 펄라이트를 촉진하여 다시 강도를 증가시킵니다. 이러한 이유로, 일반적으로 화학과 벌크 미세 구조가 동일하더라도 작은제품은 큰 제품 보다 높은 기계적 특성을 가집니다

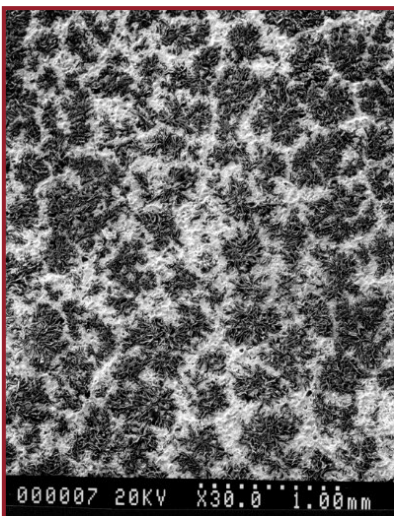


그림 3: 냉각 속도가 빨라지면 공용 셀이 작아지고 입자 경계가 넓어집니다

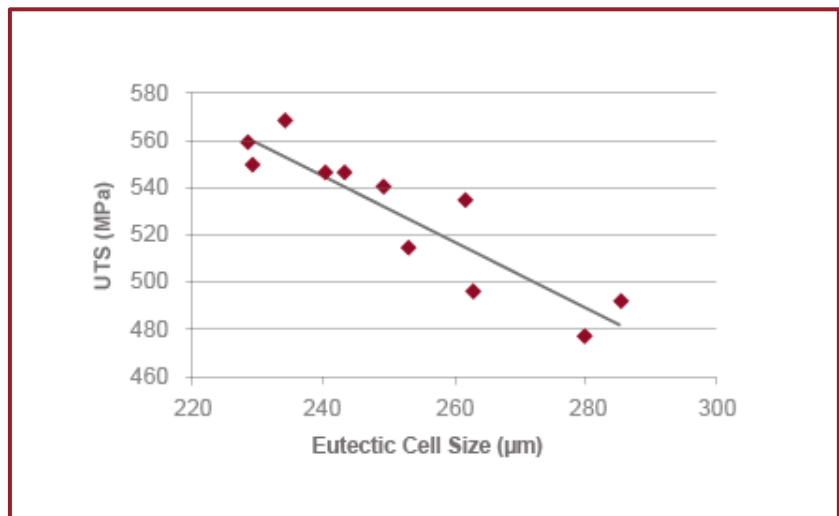


그림 4: 공용 셀 크기가 감소함에 따라 인장 강도가 증가합니다