

黒心可鍛鑄鉄および高力可鍛鑄鉄の諸性質について

Some Properties of Black Heart and Pearlitic Malleable Cast Irons

正本進二郎*
Shinjiro Masamoto

内 容 梗 概

黒心可鍛鑄鉄は、完全なフェライト基地をもち、鋼に匹敵する強靱性と鑄鉄に似た良好な鑄造性および被削性とを兼ね備えた鑄造材料として、自動車部品、管継手および一般産業機械部品として広く使用されている。また高力可鍛鑄鉄はパーライト基地をもち、フェライト基地をもつ黒心可鍛鑄鉄に比べ、剛性、強度および耐摩耗性が特に大きいので、自動車部品その他にそれらの特性を生かして広く用いられる。この論文は、黒心可鍛鑄鉄および高力可鍛鑄鉄の機械的性質について詳述し、それらの特長および用途を紹介している。

1. 緒 言

鋼に匹敵する強靱性と鑄鉄に似た良好な鑄造性および被削性を兼ね備えた鑄造材料として、可鍛鑄鉄は自動車部品、管継手および一般産業機械部品として広く使用されている。

黒心可鍛鑄鉄は白鉄の化合炭素を完全に分解黒鉛化して、フェライトの基地に塊状の焼鈍炭素が散在した組織としたもので、強靱でありしかも被削性が良好である。

高力可鍛鑄鉄は含有炭素の一部を化合炭素の形で残したもので、その化合炭素の量は熱処理によって適当に変えることができる。したがって高力可鍛鑄鉄は広い範囲に機械的性質を変えることができる。黒心可鍛鑄鉄に比べて、かたさ、引張強さ、耐力が高く、耐摩耗性および疲れ強さもすぐれている。また、化合炭素が適度に分布した基地組織は局部焼入れの際にすぐれた焼入性を示し、焼鈍炭素の存在は機械加工に際して切削性を良くし、同じかたさの鋼材に比べてすぐれた被削性を持っている。このように、高力可鍛鑄鉄は多くの特長を持ち、しかも黒心可鍛鑄鉄と同じく安定した品質を保証することができるので、自動車および一般産業機械の性能が向上するにつれて、その需要は増加している。

本報告は可鍛鑄鉄の特性について詳述し、あわせてその用途について述べる。

2. 鉄鋼鑄造材

2.1 鑄 造 性

可鍛鑄鉄は炭素およびケイ素含有量が鋼より高いため、凝固開始温度が低く、凝固時の収縮率も小さいため、鑄造性はきわめて良好である。したがって数十グラムの薄肉小物品より数十キログラムの大物品まで鑄造容易である。

2.2 機 械 的 性 質

第1表は鉄鋼鑄造材の JIS を示すものである。

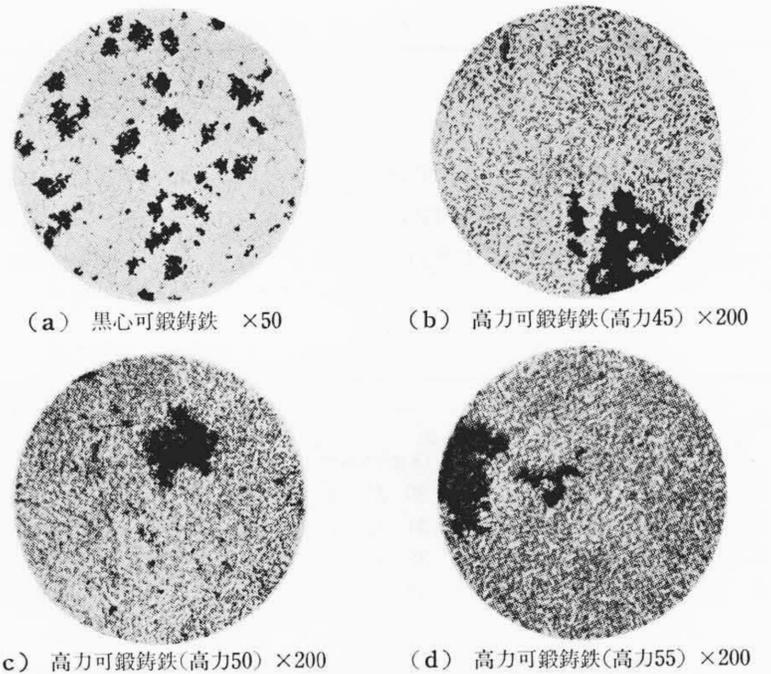
伸びは鑄鋼に比べて劣るが、引張強さにおいては、高力可鍛鑄鉄は鑄鋼よりすぐれている。また高力可鍛鑄鉄の特長の一つは、熱処理により、機械的性質を要求される狭い範囲におさめ得ることである。

3. 可鍛鑄鉄の組織

黒心可鍛鑄鉄は白鉄の化合炭素を完全に分解黒鉛化したものであって、フェライトの基地に焼鈍炭素が散在した組織のものである。第1図(a)は黒心可鍛鑄鉄の組織を示す。

高力可鍛鑄鉄は含有炭素の一部をパーライトとして残留せしめ、

* 日立金属工業株式会社戸畑工場



第1図 可鍛鑄鉄の顕微鏡組織

第1表 鑄鋼鑄造材の JIS

材 質	記 号	引 張 試 験		ブリネル かたさ (HB)	備 考
		引張強さ (kg/mm ²)	伸 び (%)		
炭素鋼鑄鋼品	SC-37	37 以上	26 以上		
	SC-42	42 以上	24 以上		
	SC-46	46 以上	22 以上		
	SC-49	49 以上	20 以上		
	SC-55	55 以上	15 以上		
黒心可鍛鑄鉄品	FCMB28	28 以上	5 以上		
	FCMB32	32 以上	8 以上		
	FCMB35	35 以上	10 以上		
	FCMB37	37 以上	12 以上		
高力可鍛鑄鉄品	FCMP40	40 以上	6 以上	152~217	
	FCMP50	50 以上	3 以上	179~241	
	FCMP60	60 以上	2 以上	201~269	
ネズミ鑄鉄品	FC10	10 以上		201 以下	試験片の鑄放し 直径はすべて 30mmφを使用 した場合
	FC15	15 以上		212 以下	
	FC20	20 以上		223 以下	
	FC25	25 以上		241 以下	
	FC30	30 以上		262 以下	
	FC35	35 以上		277 以下	

かつパーライトの形態および量を変えることにより種々の性質を持たせることができる。第1図(b)(c)(d)はそれぞれ日立規格の高力45、高力50、高力55の組織であり、いずれも球状パーライト基地の高力可鍛鑄鉄である。

4. 可鍛鑄鉄の物理的性質

可鍛鑄鉄の物理的性質は化学成分により異なり、特に高力可鍛鑄

第2表 可鍛鑄鉄の物理的性質

項 目	黒心可鍛鑄鉄	高力可鍛鑄鉄
比重	7.15~7.35	7.20~7.45
比熱 20~100°C	0.122	
熱膨張係数	0.00012	0.00013
熱伝導度 20~100°C	0.151	
(cal/S/cm/°C/cm ²) 300~500°C	0.140	
電気抵抗 (μΩ/cm ³)	28.8~34.4	36.7~41.2
保磁力 (アンペアターン/cm)	1.16~1.55	8.44~12.89

第3表 黒心可鍛鑄鉄のJIS

種 類	記 号	引張試験		曲げ試験	
		引張強さ (kg/mm ²)	伸 び (%)	曲げ角度	内側半径 (mm)
黒心可鍛鑄鉄品1種	FCMB28	28以上	5以上	90°以上	40
黒心可鍛鑄鉄品2種	FCMB32	32以上	8以上	120°以上	40
黒心可鍛鑄鉄品3種	FCMB35	35以上	10以上	150°以上	40
黒心可鍛鑄鉄品4種	FCMB37	37以上	12以上	150°以上	40

第4表 高力可鍛鑄鉄のJIS

種 類	記 号	引張試験			かたさ試験
		引張強さ (kg/mm ²)	耐 力 (kg/mm ²)	伸 び (%)	ブリネルかたさ
パーライト可鍛鑄鉄品1種	FCMP40	40以上	25以上	6以上	152~217
パーライト可鍛鑄鉄品2種	FCMP50	50以上	34以上	3以上	179~241
パーライト可鍛鑄鉄品3種	FCMP60	60以上	42以上	2以上	201~269

第5表 高力可鍛鑄鉄の日立規格

種類および記号	引張試験			かたさ試験
	引張強さ (kg/mm ²)	耐 力 (kg/mm ²)	伸 び (%)	ブリネルかたさ
高力 45	45以上	29以上	6以上	149~192
高力 50	50以上	34以上	5以上	167~212
高力 55	55以上	38以上	4以上	197~241
高力 60	60以上	42以上	3以上	223~269

鉄は基地の状態により大きく異なるが、概略の物理的性質は第2表のとおりである。

5. 可鍛鑄鉄の機械的性質

黒心可鍛鑄鉄は柔軟なフェライトの基地に塊状の焼鈍炭素が散在した組織であるので、強靱な材質である。その機械的性質は主として炭素含有量により影響される。すなわち炭素含有量が低いほどすぐれた機械的性質を示す。

高力可鍛鑄鉄は多くの場合パーライトの基地に塊状の焼鈍炭素が点在した組織であって、その機械的性質は炭素含有量により変化することはもちろん、基地の状態によって大いに变化する。基地のパーライトを球状化した場合が最も良好な性質を示す。熱処理により容易に基地の組織を変え得るので、各種の性質を持った高力可鍛鑄鉄を造ることができる。黒心可鍛鑄鉄、高力可鍛鑄鉄はいずれも長時間の焼鈍を施してあり、機械的性質のバラッキが少ないことが特長の一つである。

5.1 引張強さおよびブリネルかたさ

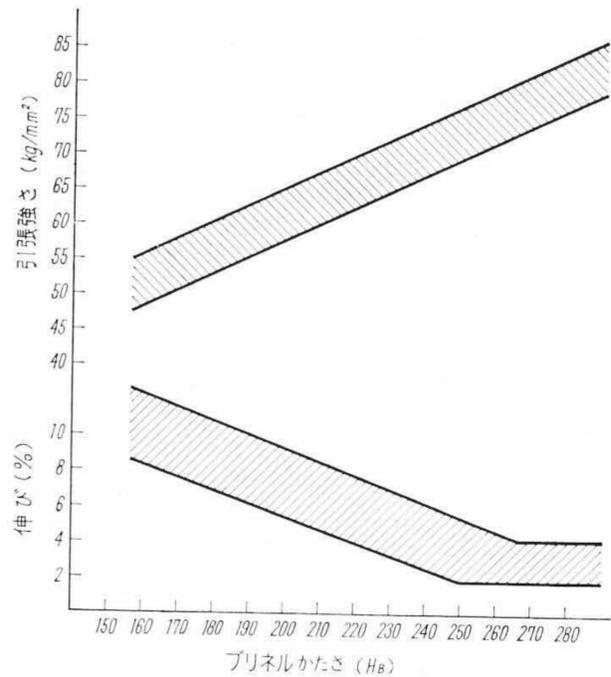
黒心可鍛鑄鉄のJISを第3表に示す。FCMB 28は主として管継手に用いられ、FCMB 32およびFCMB 35は主として自動車部品および一般産業機械部品に用いられる。FCMB 37は最も靱性に富み種々の用途に用いられる。

高力可鍛鑄鉄のJISを第4表に示す。また別に日立規格を第5表に示す。基地の組織およびかたさを変えることにより、これらの規格に示されたものより引張強さが高い高力可鍛鑄鉄をも製造可能である。

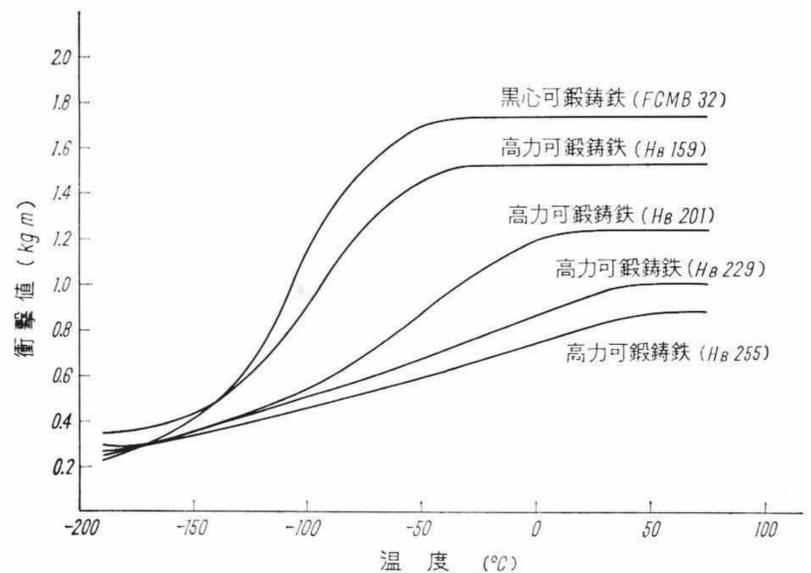
高力可鍛鑄鉄のブリネルかたさと、引張強さおよび伸びとの関係を第2図に示す。

第6表 可鍛鑄鉄の疲れ強さ

種 類	引張強さ S_t (kg/mm ²)	平 滑 材		切 欠 材		切欠感度 S_e/S_n
		疲労限 S_e (kg/mm ²)	耐久比 S_e/S_t	疲労限 S_n (kg/mm ²)	耐久比 S_n/S_t	
黒心可鍛鑄鉄	35.4	16.5	0.47	10.2	0.29	1.6
高力可鍛鑄鉄	60.1	24.0	0.40	15.0	0.25	1.6
	65.5	26.0	0.40	16.0	0.24	1.6
	70.5	24.0	0.34	14.0	0.20	1.7



第2図 高力可鍛鑄鉄のブリネルかたさと引張り強さ、伸びの関係



第3図 可鍛鑄鉄の衝撃遷移曲線

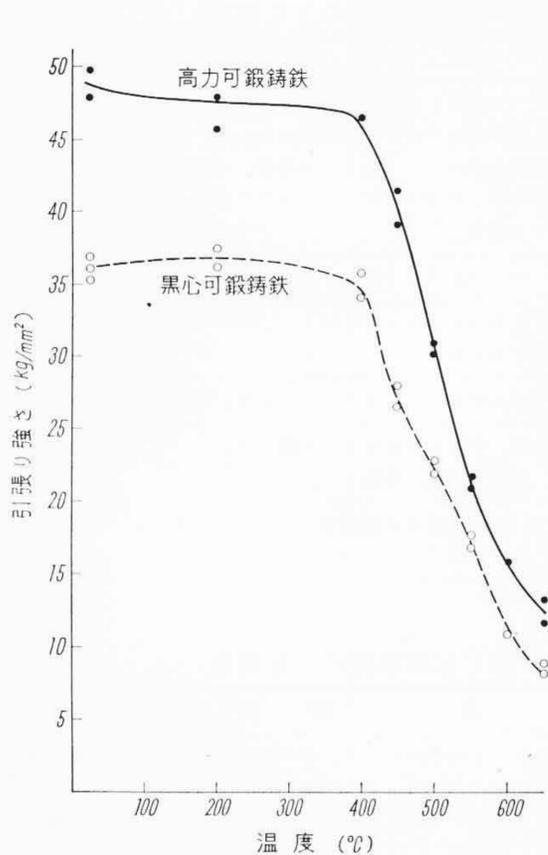
5.2 衝 撃 値

一般に鉄鋼材料は、オーステナイト組織のものを除いて、ある温度以下では靱性を失い、衝撃値が急激に低くなる。この温度を衝撃遷移温度と称している。したがって、常温における衝撃値とともに、衝撃遷移曲線についても知りおく必要がある。第3図はJIS 3号試験片による試験値を示したものである。高い引張強さを有する高力可鍛鑄鉄においても、かなりの衝撃値を示している。特に実用範囲と考えられる-50°C付近まで、衝撃値の低下が緩慢であるのが特長である。

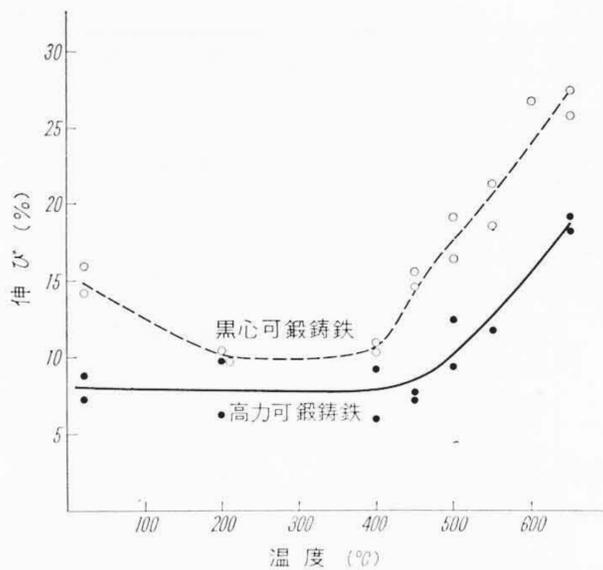
5.3 疲 れ 強 さ

高力可鍛鑄鉄はクランクシャフト、カムシャフトなど車両部品として使用されることが多い。これらは繰り返し応力を受けるので、材料が破壊することなく繰り返し連続使用し得る最大の許容応力を示す疲れ強さの値が重要である。

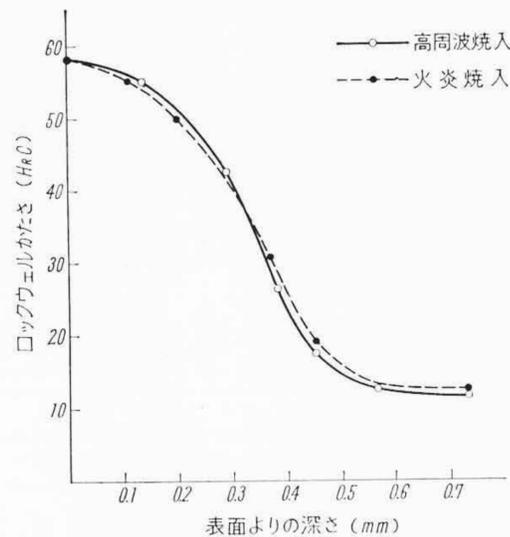
第6表に疲れ強さの測定結果を示す。平滑材の疲れ強さと切欠材の疲れ強さの比を切欠感度と称し、切欠によって集中した応力を吸収する材料の能力を示したものである。機械部品として使用される



第4図 可鍛鋳鉄の高温における引張り強さ



第5図 可鍛鋳鉄の高温における伸び



第6図 高力可鍛鋳鉄を表面焼入したときのかたさ分布

第7表 鉄鋼材料の切欠感度

材 質	平滑材疲れ強さ S_e (kg/mm ²)	切欠材疲れ強さ S_n (kg/mm ²)	切欠感度 S_e/S_n	切欠形状
錬鉄	17.5	14.0	1.25	Kommers ノッチ
鑄鉄	7.0	7.0	1.0	60度ノッチ
鑄鋼	26.6	15.4	1.7	Kommers ノッチ
SAE 1045 (0.43~0.50% C炭素鋼)	46.9	18.9	2.5	Vノッチ60度
高力可鍛鋳鉄	22.8	18.9	1.2	Vノッチ60度

第8表 可鍛鋳鉄のせん断力

材 質	ブリネルかたさ HB	せん断力 (kg/mm ²)
黒心可鍛鋳鉄 (FCMB35)	121	32.7
高力可鍛鋳鉄 (高力 45)	163	35.0
高力可鍛鋳鉄 (高力 50)	207	44.5
高力可鍛鋳鉄 (高力 55)	241	54.5

場合は、切欠として作用する段や油孔があるのが普通で、材料の切欠に対する特性を知ることは実用上きわめて重要なことである。

可鍛鋳鉄は組織中に存在する焼鈍炭素により、応力の集中を比較的阻止し得るので切欠感度がにぶく、したがって切欠材の疲れ強さが高い。このことは、高力可鍛鋳鉄がクランクシャフト、ロッカーアーム、シフト類に用いられて良い結果を示す理由である。

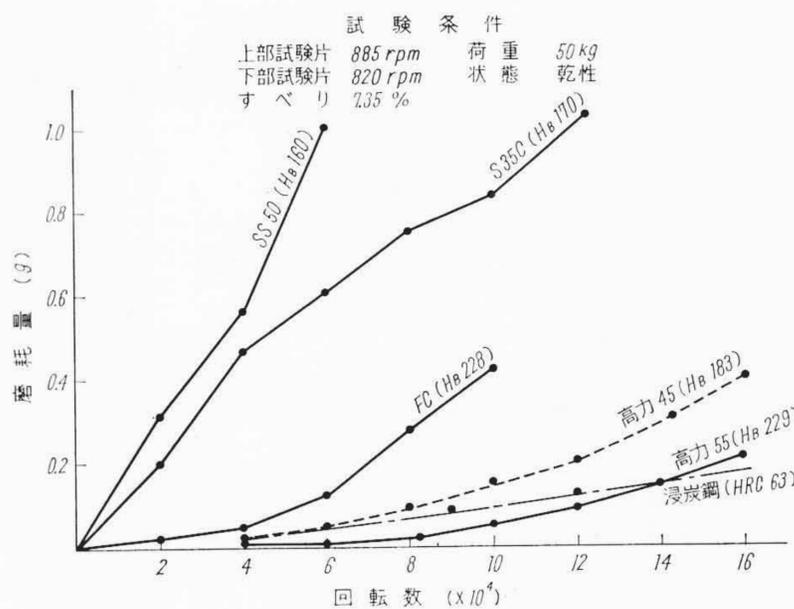
第7表は S. A. Gordon 氏ら⁽¹⁾の測定結果であるが、高力可鍛鋳鉄の切欠感度が他の材質に比べて低いことを示している。なお第7表の切欠材の疲れ強さが第6表の数値と異なっているのは、切欠形状が第6表の場合と異なるため、この表においてのみ比較を行なうべきである。

5.4 高温における引張り強さ

黒心可鍛鋳鉄 (FCMB 35) および高力可鍛鋳鉄 (高力 45) をとり、常温より 650°C までの間の各温度で引張試験を行なった結果を第4図、第5図に示す。引張強さは約 400°C まではほとんど変化ないが、その温度以上では急激に低下し、650°C において FCMB 35 は 8 kg/mm²、高力 45 は 12 kg/mm² に低下する。伸びは逆に 400°C より急激に上昇する。

5.5 せん断力

せん断力の測定結果を第8表⁽²⁾に示す。可鍛鋳鉄のせん断力は引張り強さの 80~90% である。



第7図 各種材料の回転相互摩擦耗量

5.6 減衰能

可鍛鋳鉄は組織に焼鈍炭素を含んでいるので、鋼より減衰能が大きい。黒心可鍛鋳鉄は高力可鍛鋳鉄に比べてすぐれている。

6. 焼入性

黒心可鍛鋳鉄、高力可鍛鋳鉄はいずれも焼入硬化が可能であり、とくに、パーライト基地の高力可鍛鋳鉄は焼入性が良好である。耐摩耗性を要求される高力可鍛鋳鉄品 (ギヤ、ロッカーアームなど) は火炎焼入あるいは高周波焼入により硬度を HRC 50~60 としすぐれた耐摩耗性をもたせることができる。第6図⁽³⁾は高周波焼入および火炎焼入を施したときの表面より内部に至る硬度分布を示す。

7. 耐摩耗性

高力可鍛鋳鉄は基地のかたさを高くすることが容易であり、焼鈍炭素が存在するので、良好な耐摩耗性を備えている。高周波焼入などにより表面硬化を施したものは、いっそうすぐれた耐摩耗性を示す。

第7図は西原式摩耗試験機で、鋼、普通鋳鉄、高力可鍛鋳鉄について、それぞれ同質の試験片を組み合わせ、乾性の状態で試験した結果である⁽⁴⁾。高力可鍛鋳鉄のかたさは浸炭鋼よりもはるかに低いが、耐摩耗性がすぐれていることを示している。

8. 切削性

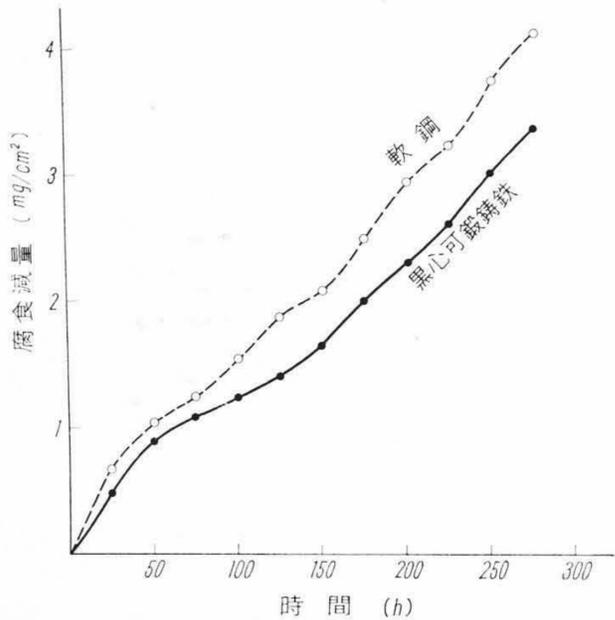
第9表は各種の鉄鋼材料の切削性の割合を、含硫黄快削鋼を 100 として百分率で表わしたものである⁽⁵⁾。

第9表 鉄鋼材料の切削性

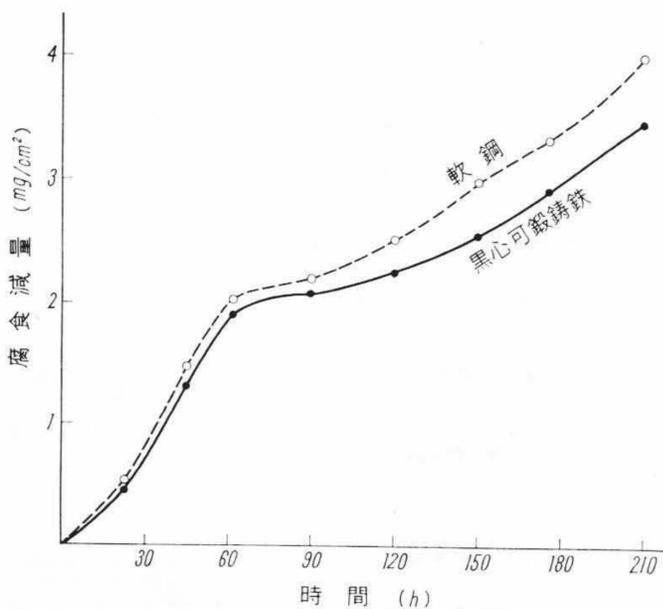
材 質	種 類	ブリネルか たさ (HB)	切 削 性 (%)
快 削 鋼	SAE1112 C 0.13 以下 S 0.16~0.23	179~229	100
	SAE1117 C 0.08~0.13 S 0.08~0.13	143~179	85
	SAE1120 C 0.18~0.23 S 0.08~0.13	143~179	80
	SAE1132 C 0.27~0.34 S 0.08~0.13	187~229	75
モリブデン鋼	SAE4023 C 0.20~0.25 Mo 0.20~0.30	156~207	70
	SAE4027 C 0.25~0.30 Mo 0.20~0.30	166~212	70
可 鍛 鋳 鉄	黒 心 可 鍛 鋳 鉄	109~146	120
	高 力 可 鍛 鋳 鉄	179~201	90
	高 力 可 鍛 鋳 鉄	201~241	80
鋳 鉄		160~193	80
鋳 鋼	C 0.35	170~212	70

第10表 黒心可鍛鋳鉄の主な用途

種 類	対 称 品
自 動 車 部 品	プレーキベタルおよびささえ, 調整ナット, クラッチベタルおよびささえ, デファレンシャルギヤケース, ハブ, 緩衝器ささえ, 排気管フランジ, モーター支持器, ラジエータ給排気弁, ギヤボックス, ギヤハウジング, ステアリングボックス, スプリングつり金具
ボイラ, 機関部品	マンホール, バンドホール, ラジエータニップル
運搬装置部品	コンベアチェーン, リンクチェーン, ローラ, プーリー, ガイド, 各種フレーム
電気機械部品	スイッチボックス, がい子キャップ金物, 電柱支持金物
工作機械部品	ベース金物, チャックスクロール類, カム, ハンドル, レバーナット, 支持金物類, 各種ネジ, ナット
管 継 手	1/8 吋より 12 吋に至る各種継手, ソケット, キャップ, プラグ, バルブ, フランジ



第8図 70°Cの海水中における黒心可鍛鋳鉄および軟鋼の腐食減量



第9図 70°Cの土壌水中における黒心可鍛鋳鉄および軟鋼の腐食減量

表より明らかなように、黒心可鍛鋳鉄は鉄鋼材料中で最高の切削性を示している。高力可鍛鋳鉄の切削性はHB 241程度のかたい材料でも、快削鋼の80%の切削性を示している。

9. 耐 食 性

可鍛鋳鉄は、鋼に比べて化学成分中のケイ素含有量が大きく、高温で熱処理されひずみが完全に除去されているので、鋼よりすぐれた耐食性を持っている。

第8図および第9図はそれぞれ海水および土壌水の70°C溶液中

第11表 高力可鍛鋳鉄の主な用途

種 類	対 称 品
車 両 部 品	デファレンシャルギヤケース, ハブ, ギヤ, ピストン, ロッカーアーム, ギヤシフト, クランクシャフト, カムシャフト, スリーブヨーク, クランヂヨーク, ドアヒンジ, サポート類
運搬装置部品	コンベアチェーン, リンクチェーン, ドラグチェーン, ギヤ, スプロケット, ブラケット類
電気機械部品	がい子キャップ金物および同サポート, ポールブラケット
工作機械部品	ハンドル, レバー, ホイール, スクロール類, サポート類, ガイド金物
そ の 他	鉄道, 船舶その他一般機械部品

における耐食試験を、黒心可鍛鋳鉄と軟鋼について行なった結果である⁽⁶⁾。いずれも黒心可鍛鋳鉄がすぐれた結果を示している。

10. 可鍛鋳鉄の用途

10.1 黒心可鍛鋳鉄の用途

黒心可鍛鋳鉄は強靱性に富むので自動車部品、管継手、一般産業用機械部品として広く使用される。

第10表に主な使用例を示す。

10.2 高力可鍛鋳鉄の用途

黒心可鍛鋳鉄に比べて機械的強度が高く、表面硬化が容易であり、耐摩耗性に富むので、広く機械部品として使用される。主な用途を第11表に示す。

11. 結 言

- (1) 可鍛鋳鉄は普通鋳鉄に近い铸造性を持ち、薄肉の複雑な製品も铸造容易である。
- (2) 黒心可鍛鋳鉄は、フェライトの基地に焼鈍炭素が点在した組織であり、材質が強靱であるので、一般機械部品で衝撃を受けるものに広く使用される。
- (3) 高力可鍛鋳鉄は普通には球状パーライト基地であって、機械的強度高く、耐摩耗性にすぐれ、表面硬化が容易であるので、広く機械部品として使用される。

参 考 文 献

- (1) S. A. Gordon, L. R. Jackson: The Fatigue of Metals and Structure., (1954)
- (2) Modern Pearlitic Malleable Casting Handbook (1958)
- (3) Modern Pearlitic Malleable Casting Handbook (1958)
- (4) 岩瀬: 日立評論別冊 33 (1959)
- (5) Modern Pearlitic Malleable Casting Handbook (1958)
- (6) 藤井: 日立評論別冊 11 (1955)