

鉄鋼材料の残留応力に及ぼす焼入性の影響

材料科 小粥基晴 植松俊明

Influence of hardenability on residual stress for carbon steel and alloy steel

OGAI Motoharu and UEMATSU Toshiaki

Keywords : Carbon Steel and Alloy Steel, Heat Treatment, Residual Stress, Microstructure, Hardenability

キーワード：鉄鋼材料、熱処理、残留応力、金属組織、焼入性

1 はじめに

鉄鋼材料は、熱処理を行うことで高強度、高靱性、耐摩耗性などの特性を付与することができる。しかし、熱処理後の材料には応力が残留し（以下、残留応力）、形状変化や部品の寿命低下が問題となることがある。残留応力の発生は、材料の膨張や収縮、結晶構造の変化が原因とされており、急激な温度変化が生じる焼入れでは大きな応力が生じることが予想されるが、焼入性の異なる鉄鋼材料の残留応力について体系的にまとめた報告は少ない。そこで、本研究では、焼入性の異なる3種類の鉄鋼材料に熱処理（焼入れ）を行い、材料表面に生じる残留応力について調査した。

2 方法

試料は S15C、SCM415、SK105 を用いた。化学成分を表1に示す。試料形状は切削により図1に示す直方体に加工し、加工後に 650℃× 120min の応力除去焼鈍を行った。焼入れは表2に示す条件で行い、焼入れ後の試料について金属組織試験による金属組織及びビッカース硬さ試験による硬さ分布を確認した。残留応力は、図1中の黒点で示す9箇所について、試料表面を電解研磨により 10μm 除去した後、ポータブル型 X 線残留応力測定装置 μ-X360s（パルステック工業(株)製）を用いて測定し、それらの平均値とした。また、応力値は、正の値が引張応力、負の値が圧縮応力を示す。

表1 化学成分

鋼種	C[%]	Si[%]	Mn[%]	P[%]	S[%]	Cu[%]	Ni[%]	Cr[%]	Mo[%]
S15C	0.14	0.21	0.53	0.018	0.015	0.01	0.02	0.04	-
SCM415	0.17	0.24	0.71	0.017	0.008	0.02	0.02	1.07	0.20
SK105	1.04	0.33	0.98	0.016	0.019	0.18	0.06	0.44	-

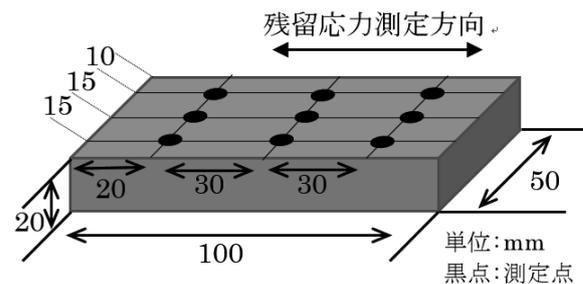


図1 試料形状及び残留応力の測定位置

表2 熱処理条件

	焼入れ		冷却方法
	保持温度[℃]	保持時間[min]	
S15C	880	60	油冷
SCM415	880	60	
SK105	830	80	

3 結果および考察

焼入れ後の試料表面及び内部の金属組織を図2に、硬さ分布曲線を図3に示す。S15Cの金属組織は表面、内部ともにフェライト及びパーライトから構成されており、硬さは表面の 180HV 程度と内部の 150HV 程度で僅かな差であった。一方、SCM415は表面に針状の組織が出現し、内部の組織とは大きな違いが見られた。硬さは表面から 0.5mm 程度の範囲で 480HV 程度から 350HV 程度へと急激に減少した。これは、SCM415に含まれる Cr、Mo によって焼入性が向上したことで、表面、内部ともに硬さは上昇したものの材料内部まで金属組織を均一に変化させることはできなかったためと考えられる。

SK105は、内部までマルテンサイト組織に変態し、硬さは表面の 800HV 程度から内部の 700HV 程度まで緩やかに減少した。

次に各試料の残留応力を図4に示す。S15Cは -300MPa 程度、SCM415は -460MPa 程度で、いずれ

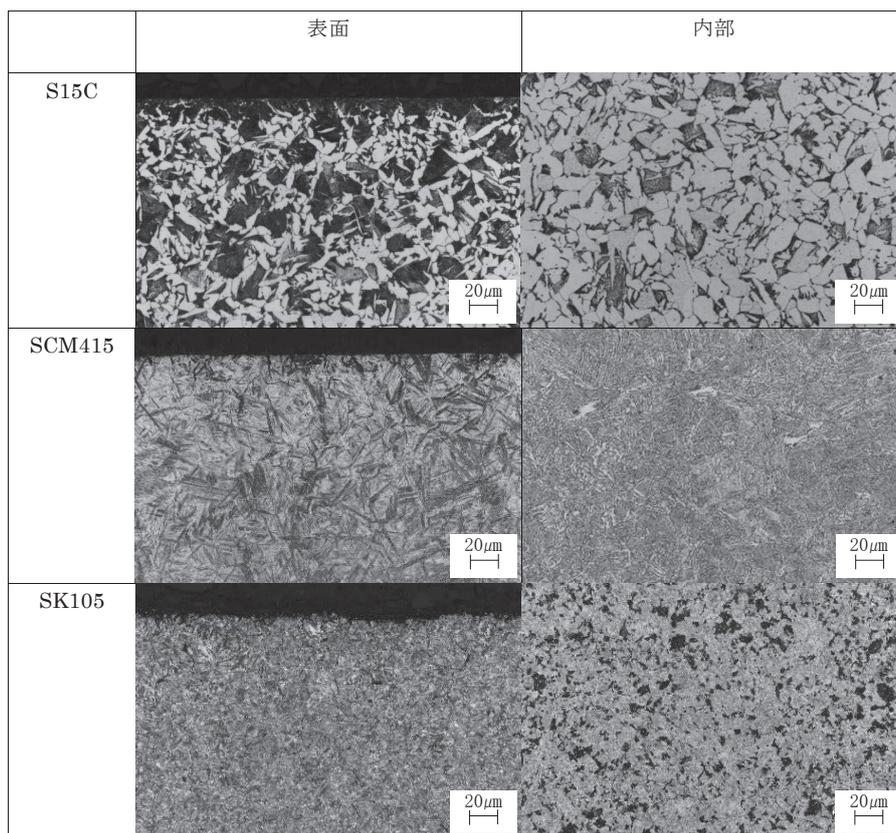


図2 焼入れ後の金属組織

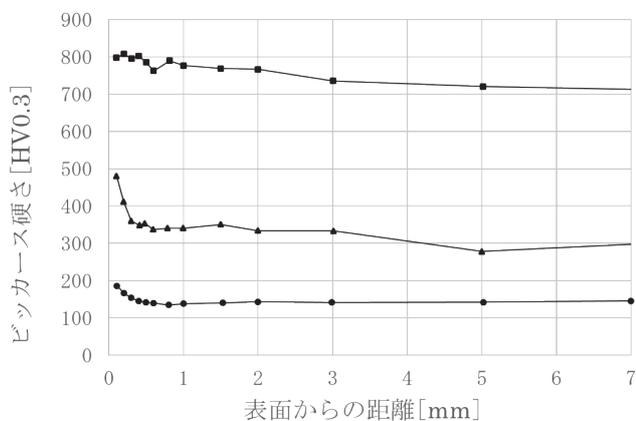


図3 焼入れ後の硬さ分布曲線

● S15C、▲ SCM415、■ SK105

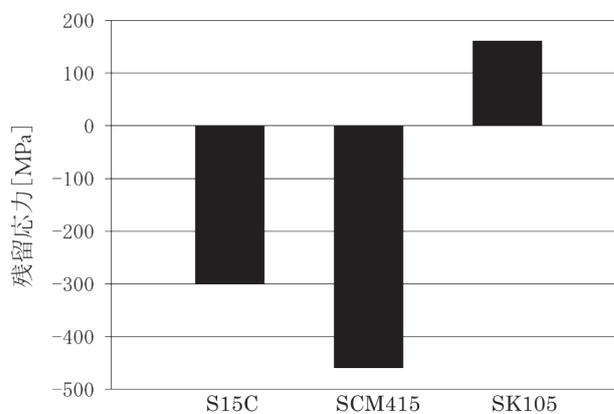


図4 焼入れ後の残留応力

も圧縮応力を示すが、SCM415はS15Cと比較して大きな残留応力が生じた。SK105は160MPa程度の引張応力であった。

以上のことから、熱処理によってマルテンサイト変態しない場合には圧縮応力を生じ、表面付近のみがマルテンサイト変態することで表面と内部の金属組織に差異が生じる場合には圧縮応力が増加する。一方、材料内部までマルテンサイト変態する場合には引張応力が生じることが分かった。

4 まとめ

鉄鋼材料の表面に生じる残留応力は、熱処理後の金属組織の種類や均一性によって変化したことから、材料の化学成分や焼入れ時の冷却速度に大きく影響を受けることが示唆された。

謝辞

本研究にご協力いただきました株式会社アイゼンの皆様に深く感謝申し上げます。