

改良オースフォームを施した低合金鋼の 衝撃強さの異方性

大森宮次郎*, 山崎 明*

(昭和56年9月8日受理)

Anisotropy of Impact Strength in Modified-Ausformed Low-Alloy Steel

MIYAJIRO OHMORI and AKIRA YAMAZAKI

Abstract – The anisotropy of impact strength in modified-ausformed low-alloy steel has been determined from Charpy U-notch tests carried out on the specimens cut from the rolling direction, with notches machined in the through-thickness direction of the plate (crack divider) and in the through-width direction (crack arrester). The anisotropy developed with the increasing amount of rolling deformation and the decreasing deformation temperature. However, deformation in higher temperature range has shown that the difference in the impact values between two orientations is less than about 20 percent. Then, the effects of tempering condition on strengthening and toughening of the steel are discussed on the basis of these results.

1. 緒 言

筆者らは、これまでに低合金鋼の性質向上に対する改良オースフォームの効果を長期間にわたって調査検討してきた。改良オースフォームによって鋼の降伏強さ、引張強さ、焼もどし軟化抵抗性および疲れ強さが向上し、また疲れき裂伝播に対する抵抗も若干増大することもわかってきた。強度向上に関する限りでは、改良オースフォームは、優れた処理技術の一つであると言える。しかるに、本処理法は、熱処理工程に塑性加工を組み入れるため、塑性加工により材料が方向性をもつようになるのは避けがたい事実^{(4),(5)}である。延性や衝撃値は、加工方向に直角に採取した試片では著しく低くなるのは、本処理材の欠点にもなりかねない。そればかりではなく、圧延方向に採取した試片でも、切欠きと圧延面の相対的な方位関係によって衝撃値が異なって現われるのである。したがって、本処理を施した鋼の利用にあたっては、そのような特性を十分に把握しておく必要があろう。そこで本研究では、実用上重要な方向である加工方向の衝撃値の圧

延面と切欠きの方位関係による変化を調査し、異方性の発達程度を明らかにするとともに、合わせて改良オースフォームによる強じん化の可能性について検討した。以下にその結果を報告する。

2. 実験方法

実験には、Table 1 に示す化学組成をもつ市販のCr-Mo鋼(SCM435)を使用した。

直径32mmの棒鋼を所要の厚さに熱間圧延後、温度900℃で1時間保持の焼なましを窒素ガス雰囲気中で行い、試片素材を準備した。

Fig. 1 に改良オースフォームのプロセスを示す。オーステナイト化条件は、温度900℃で30分の保持とし、加工温度は、900~850℃と750~700℃の2段階の範囲とし、加工後は、試片をただちに油中に焼入れした。その後試片をドライアイス中に浸漬してサブゼロ処理を施し、室温にもどしてから500~700℃の温度範囲の5段階の温度で1時間保持して焼もどしを行った。焼もどし後は、試片を水冷した。

* 茨城大学工学部機械工学科(日立市中成沢町)

Table 1 Chemical compositions of the steel used (wt. %)

Steel	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	Mo
SCM435	0.35	0.24	0.70	0.024	0.016	0.03	1.04	0.01	0.16

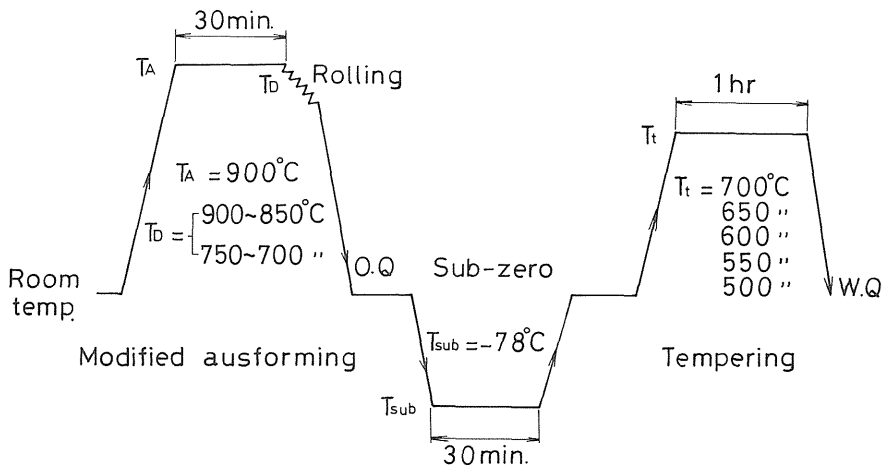


Fig. 1 Process of modified ausforming.

また、比較のため、オーステナイト化温度 900℃より直接油焼入れした通常熱処理試片も準備した。サブゼロおよび焼もどし処理は、改良オースフォーム材と同様に行った。

焼もどしを行ってから、Fig.2に示す方位に試片を採取し、標準のJIS 3号シャルピー試片(10mm, u-切欠き)を作製した。試片は、研削仕上げ表面とした。試片は、圧延方向に採取し、切欠き溝の長さ方向は両試片とも圧延方向に直角とし、圧延面に対しては、平行または直交するように入れてある。試片の名称は、圧延材の圧延方向、幅方向および厚さ方向をそれぞれL, TおよびSとするとき、二つの文字を組み合わせる。LS試片は、試片を圧延方向に採取し、き裂進展の予想方向が圧延材の厚さ方向になることを意味し、crack arrester(き裂阻止)型の試片と呼ばれ、またLT試片は、crack divider(き裂分割)型試片と呼ばれる。

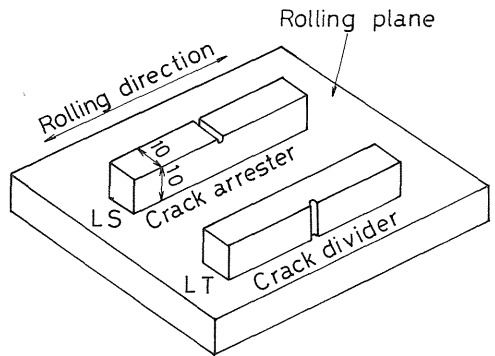


Fig. 2 Orientation of impact test piece with respect to rolling plane and direction.

衝撃試験は、標準のシャルピー衝撃試験機(30kg·m)を用い、室温で実施した、また、かたさ試験は、ロック

ウェル試験機を用い, スケールCを用いて行った。

3. 実験結果と検討

3.1 実験結果

Fig. 3は, 通常熱処理材 (CHT) の衝撃値の焼もどし温度による変化を示す。焼もどし温度の全範囲でLT

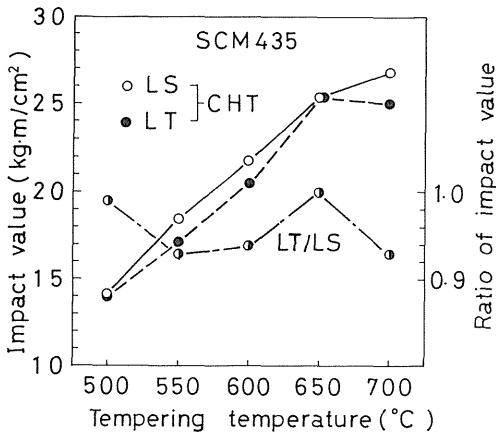


Fig. 3 Impact value of conventionally heat-treated specimen and the ratio of the impact value between two orientations.

試片の衝撃値は, LS試片の値に比べて等しいかまたはわずかに小さい。LT試片とLS試片の衝撃値の比は, 約0.93~1.0の範囲となっている。両方位で衝撃値に相違がみられるが, その相違は非常に小さいことがわかる。ただし, 試片名は, 熱間圧延材からの採取方位である。

つぎに, 改良オースフォームによる衝撃値の変化を

Fig. 4および5に示す。両方位の試片とも, 各焼もどし温度で, 改良オースフォームの加工度によって衝撃値に大きな変化はみられない。しかし, LSおよびLT方位で衝撃値の相違は, 通常熱処理材に比べて大きくなっている。

3.2 加工温度, 加工度と衝撃値の異方性について

初めに改良オースフォームにおける加工温度が900~850℃の場合のデータについて調べよう。Fig. 6は, 通常熱処理材の衝撃値に対する改良オースフォーム材 (MA) の衝撃値の比を焼もどし温度に対して描いたものである。LSおよびLT試片の衝撃値と通常熱処理材

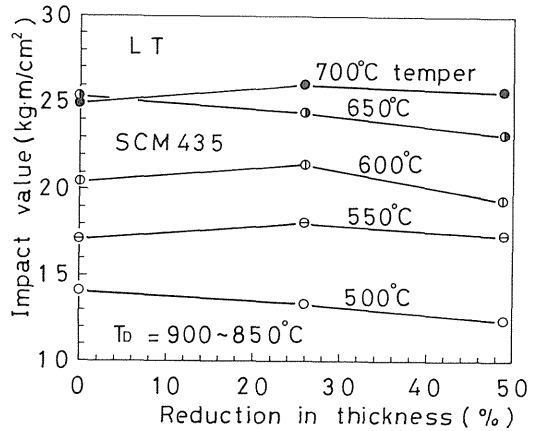


Fig. 4 Impact value of LS orientation in modified ausformed specimen.

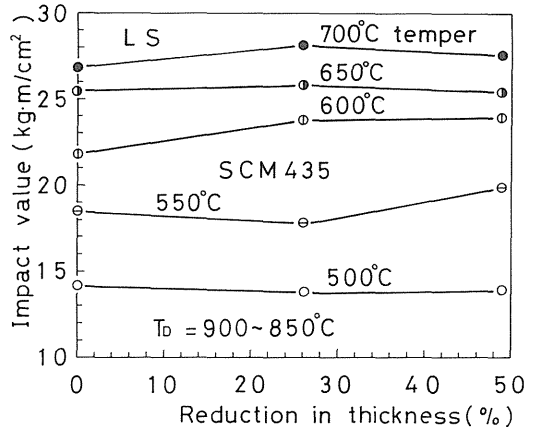


Fig. 5 Impact value of LT orientation in modified ausformed specimen.

との比は, 約0.89~1.1の範囲に広がっているが, このように比を用いることによって加工度および焼もどし温度による変化が明瞭になることがわかる。加工度が增大すると, LS試片の場合, 衝撃値の比が増加する傾向を示すのに対し, LT試片では, その逆の傾向がみられる。この傾向は, 焼もどし温度が500~600℃の範囲でとくに顕著になっている。このことは, 加工度の増加にともない, LS試片では衝撃値が向上し, LT試片では低下することを示唆し, その傾向が上記焼もどし温度範囲で顕著になることを意味する。すなわち, 加工度の増加とともに, 両方位の衝撃値の異方性が強くなることを示すものである。

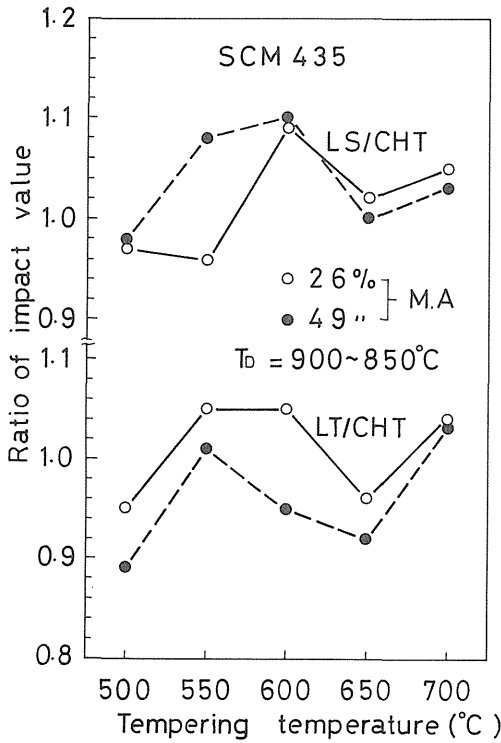


Fig. 6 The ratio of the impact value between the modified ausformed and the conventionally heat-treated specimens vs tempering temperature.

Fig. 7 は、改良オースフォーム材のLT試片とLS試片の衝撃値の比の変化を描いたものである。加工度の大きい試片の方が比の値が小さくなり、最小で約0.81なる値を示している。加工度の増加にともない、異方性の増大することがさらに明確になっている。

つぎに、加工温度範囲を750~700°Cに下げて改良オースフォームした試片の結果をFig. 8に示す。改良オースフォーム材のLS試片と通常熱処理材の衝撃値の比は、加工温度900~850°Cの場合と比べて大きな相違はないが、LT試片の比は、かなり低い値を示している。また、LT試片とLS試片の衝撃値の比も、900~850°Cで加工した試片の場合より低い値を示している。すなわち、加工温度の低いほど、衝撃値の異方性が増大する傾向を示すことがわかる。

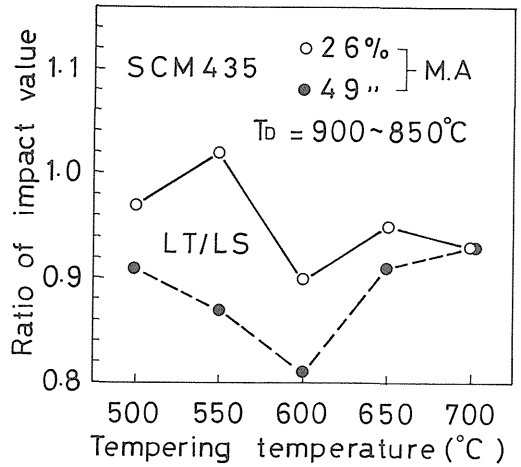


Fig. 7 Development of anisotropy in modified ausformed specimen.

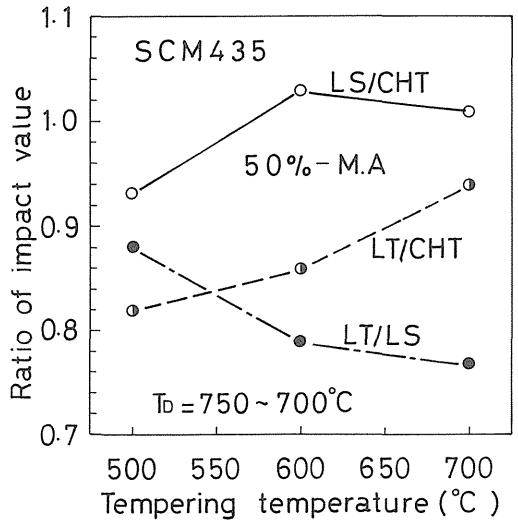


Fig. 8 Anisotropy of impact value in the specimen modified-ausformed in lower temperature range.

3.3 改良オースフォーム材の焼もどし条件と強じん化について

上述のように、改良オースフォーム材の特に重要と思われる加工方向に採取した試片の圧延面と切欠きの相対的な方位関係による衝撃値の相違、すなわち異方性について調査してきた。加工温度900~850°Cの場合、改良

オースフォーム材の衝撃値は、通常熱処理材の約90%以上の値をもつことがわかった。また、改良オースフォーム材同志のLT試片は、LS試片の衝撃値の約80%以上の値が確保され、加工温度を下げた場合にも、約75%以上の値が得られる。このことから考え、衝撃値の異方性を小さくするには、加工温度を高くとればよいことがわかる。換言すれば、加工温度を高くとることにより、LTとLS試片の衝撃値の相違が約20%以下となり、圧延方向の衝撃値の異方性はそれほど著しくないと判断してよいであろう。

このように圧延方向では、衝撃値の異方性は、切欠きの方位によってそれほど大きくならないことがわかったので、ここで改良オースフォーム材の性質をもう少し詳細に調査することにしよう。すなわち、改良オースフォーム材が、主として強化型か、強じん化型かあるいはじん化型のいずれの材料であるかを明確にしておく必要がある。Fig. 9は、改良オースフォーム材のかたさ(HMA)および衝撃値(EMA)と通常熱処理材のかたさ(HCMT)および衝撃値(ECMT)の比の組み合わせを比較したものである。図に示すようにHMA/HCMT=1およびEMA/ECMT=1を境界としてI~IVの領域に区分されよう。すなわち

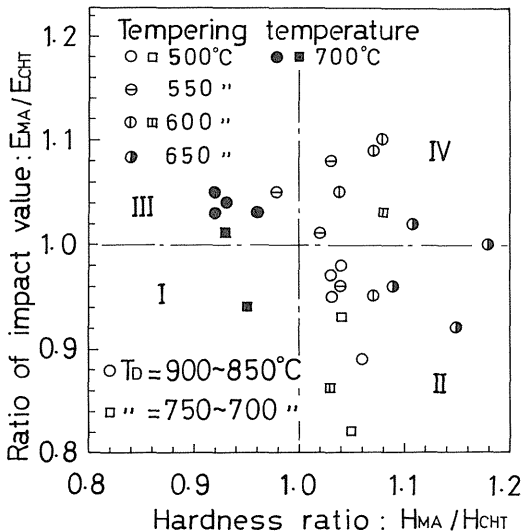


Fig. 9 Comparison of the relation between hardness ratio and impact strength ratio.

領域 I は、 $HMA/HCMT < 1$ で $EMA/ECMT < 1$ の劣化域を示し、

領域 II は、 $HMA/HCMT > 1$ で $EMA/ECMT < 1$ の強化域、

領域 III は、 $HMA/HCMT < 1$ で $EMA/ECMT > 1$ のじん化域、および

領域 IV は、 $HMA/HCMT > 1$ で $EMA/ECMT > 1$ の強じん化域

の四領域である。加工温度 900~850°C の改良オースフォーム材のデータは劣化域 I に入るものではなく、強化域 II および強じん化域 IV に落ちるデータが多い。また、焼もどし条件の影響については、本実験の低温側での焼もどしの場合、データは主として強化域に入り、中間の焼もどし温度のものは、強じん化域に、また高温の焼もどし材のデータはじん化域に落ちる傾向がみられる。

以上から加工方向でも切欠きの方位により衝撃値に異方性があらわれ、衝撃値が低下する方位があるにもかかわらず、かたさと衝撃値の組み合わせは改良オースフォームによって劣化することはない。すなわち、衝撃値が低下する場合、強化がそれを補い、また、強度が低下する場合、衝撃値がそれを補足するという性質がみられる。このような改良オースフォーム材のもつ性質には、組織改善が重要な役割を演じていることが推察される。

4. 結 論

改良オースフォームを施した低合金鋼の圧延方向材の衝撃値の異方性におよぼす加工温度、加工度および焼もどし条件の影響について調査した結果、次のようなことが明らかになった。

- (1) 圧延方向でも、圧延面と切欠きの相対的方位によって衝撃値に異方性があらわれ、加工度が増すほど、また加工温度が低くなるほどそれが顕著になる。
- (2) 加工温度を適切にとった場合、改良オースフォーム材の衝撃値は、通常熱処理材の約90%以上の値を示し、また、改良オースフォーム材同志で比べると、LT試片のLS試片に対する衝撃値の低下は、約20%以下であり、圧延方向材では異方性はそれほど大きくない。
- (3) 適切な温度で改良オースフォームを施すと、焼もどし条件の選択により、強化、じん化および強じん化が得られ、劣化することはない。

最後に、本研究に熱心に協力された卒業研究学生、露

久保栄君(現, 関東精器KK)および佐々木薫君(現, 川
川口金属KK)に感謝するとともに, 試験装置等を心よ
く使用させてくださった本学短期大学部, 佐藤順久講師
に深甚の意を表します。

参 考 文 献

- (1) 大森, 川又, 機論, 43-371(昭52-7), 2404
- (2) 大森, 横川, 山崎, 機論, 46-411(昭55-11),
1166
- (3) 大森, 横川, 山崎, 材料強度学会誌, 16-1
(昭55-9), 32
- (4) 大森, 熱処理, 17-3(昭52-6), 138
- (5) 大森, 山崎, 佐藤, 茨大工研集報, 25(昭53-3),
57
- (6) J. D., Emburyほか3名, Trans. Metall.
Soc. AIME, 239(1967), 114