

かであり、オーステナイト領域に点線にて図示するがごとく整粒に近い温度域と混粒域に区分することができる。各区域の温度は Fig. 4 のごとく炭素量の広い範囲においては変態線に沿う曲線として示されている。

5. 結 言

この報告においては、オーステナイト領域に加熱した鋼の結晶粒度を著者の粒度判定法を用いて判定し、加熱にともなうオーステナイト結晶粒の粒度変化を従来より一そう詳細に示すことができた。その結果は

(1) 炭素量が 0.15~0.22% の範囲内のキルド鋼板試料を学振規定の 925°C に加熱浸炭した場合はいずれも整粒に近いものと判定された。これらの試料を 925°C をこえる高温に加熱浸炭する場合には、細粒中に粗粒が混入して混粒に変化し、温度の上昇とともに共存する粒の粒度番号が低下し、細粒の面積比が減少してほとんど粗粒のみになり、再整粒化の傾向が定量的に示された。

(2) 炭素量が 0.10~0.65% の範囲内の実用炭素鋼から採取した一連の試料は 925°C においては、6 試料中 2 試料のみが整粒に近く、他は混粒と判定された。整粒に近い試料は加熱にともない上述のキルド鋼板試料と同様の粒度変化を示した。925°C に加熱した場合は混粒を呈する試料は 925°C をこえる高温においては整粒に近い状態に変化した。さらに高温に加熱した場合には粗大な結晶粒が混入して再び混粒に変化し、温度の上昇とともに粗大粒の面積比が増大する傾向がみられた。

(3) 炭素量の異なる加熱試料についての上述の粒度変化の挙動を総括すれば、結晶粒が整粒に近い温度域、整粒が混粒にかわる温度域、混粒が再整粒化する温度域はいずれも炭素量の増大とともに低下し、各区域の境界線はほとんど Fe-C 状態図中の A_{3-1} 変態線に沿う曲線として示されることがわかった。

文 献

- 1) 岡田: 鉄と鋼, 48 (1962) 4, p. 544
- 2) 岡田: 鉄と鋼, 49 (1963) 3, p. 535
- 3) 岡田: 鉄と鋼, 49 (1963) 10, p. 1505
- 4) 河合: 鉄と鋼, 27 (1941), p. 767

(197) 鋼質におよぼす混粒の影響について

(鋼の結晶粒度に関する研究—V)

千葉工業大学

工博○岡田 厚正・北田 昌邦

Effect of Duplex Grain on Properties of Steel

(Study on grain size of steel—V)

Dr. Atumasa OKADA and Masakuni KITADA

1. 結 言

オーステナイト結晶粒度の大小が鋼質に与える影響については古くから多くの研究がみられる。しかし、鋼をオーステナイト領域の各温度に加熱して結晶粒の整粒および混粒の粒度変化を明りように判定し、加熱試料の衝撃値とこれらの判定粒度との間の関係を明らかにした報告はみあたらない。ここでは著者の截片法による粒度判定法を適用して鋼質におよぼす混粒の影響を研究した。

すでに明らかにされたように^{1)~3)}、本粒度判定法によれば従来の判定法では正確な判定が不可能であったところの混粒中に含まれる異なつた粒度番号の粒のしめる占有面積比が正確に判定でき、高温における結晶粒の粒度変化が従来よりいっそう詳細に判定できるから、オーステナイト領域の高温に加熱した試料についての衝撃値と本判定法にもとづく判定粒度との関係をもとめ、この新しい知見として得られた混粒の状態によつて鋼の衝撃値が著しく異なつて示され、オーステナイト結晶粒度と鋼の性質との間の従来未知であつた関係を明らかにした。

2. 試料および実験方法

実験に供した試料はキルド圧延鋼板から採取した 0.15~0.18% C の範囲内のもの、および機械構造用炭素鋼から採取した 0.10~0.55% C の範囲の一連の実用炭素鋼材である。

試料はその一部分をシャルピー衝撃試験片とし、残部は結晶粒度の測定に供した。試験片はあらかじめオーステナイト領域の各温度に加熱して結晶粒度を変化せしめ、同時に結晶粒度測定用試片を加熱浸炭して粒度を現出せしめた。すなわち、鋼製パイプの内部を軟鋼板によつて 2 室に仕切り 1 室に粗仕上げしたシャルピー衝撃試験片を挿入し、他の 1 室に粒度測定用試片を浸炭剤とともに充填してパイプを密閉し、堅型エレマ炉を用いて加熱してパイプの 1 室ではシャルピー試験片を脱炭を防止しつつ加熱し、他の 1 室では浸炭粒度現出のための浸炭をおこなつた。加熱温度は 925~1150°C の範囲内の一定温度とし、加熱時間は 6hr に一定にした。加熱後炉冷した試料は JIS 5 号シャルピー衝撃試験片に仕上げ、容量 30 kg·m のシャルピー衝撃試験機により室温において衝撃試験をおこなつた。一方浸炭試料は研摩腐食後著者が確立した截片法にもとづく粒度判定法により結晶粒中に共存する異なる粒度番号の粒の混合率(面積比%)を正確に判定した。

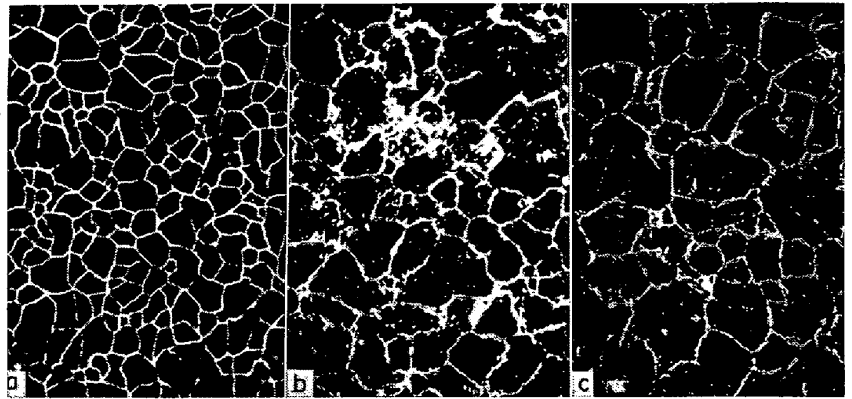
3. 実験結果および考察

3.1 鋼の衝撃値におよぼす混粒の影響

キルド圧延鋼板から採取した 0.15~0.18% C の試料を 925~1150°C の範囲内の各種の温度に加熱したところ、結晶粒の状態が変化した。その 1 例を Photo. 1 に示した。これは試料を 925~1000°C に加熱浸炭した場合の顕微鏡組織の 1 例であるが、著者が前報にのべた粒度判定法によれば整粒と混粒がきわめて明白に判別でき、混粒の場合は混粒中に共存する大きさの異なる粒の該当する粒度番号およびそれぞれの大きさの粒のしめる占有面積比が正確に判定できるから、加熱試料の結晶粒をこの判定法によつて判定し、結晶粒が加熱温度によつて整粒に近い状態から混粒に変化し、さらに粗い粒のみの整粒に近づく傾向を明らかに示した。一方、加熱試料の衝撃値は加熱温度によつてだいたい 12 kg·m/cm² から 2 kg·m/cm² の範囲内で変動した。そこで衝撃値の変化におよぼす結晶粒の影響をみるために、衝撃値のデータを著者の判定法にもとづく混粒中の粗粒の面積比に対応せしめたところ、Fig. 1 が得られた。これは試料を 925°C および 1000°C に加熱した場合の結果であり、図中の黒丸がこの実験に用いたキルド圧延鋼材についての測定値である。すなわち、Fig. 1 によればこの温度に

加熱した試料の結晶粒は粒度番号 4 番の粒に 0 番の粗粒が混入した混粒であり、そのうち粒度番号 4 番の整粒に近い試料の衝撃値は高いが、細粒中に混入する粗粒の面積比が増大するとともに衝撃値が低下し、粗粒の面積比がほぼ 50% 付近で最低になり、さらに粗粒が増加して再び粗粒のみの整粒に近づくともなつて衝撃値が再び向上する傾向が示された。加熱温度がさらに高い 1100°C および 1150°C の場合は Fig. 2 に示すように粒度番号 1 番の粒に 3 番の粗大粒が混入し、加熱試料の衝撃値は粗大粒の面積比が 50% まで増加するとともに約 2 kg·m/cm² まで低下し、さらに粗大粒の面積比が 50% をこえると、粗大粒のみの整粒に近づくにしたがつて再び向上するという Fig. 1 と同様の傾向がみられた。つぎに機械構造用炭素鋼から採取した 0.10~0.55% C の範囲の一連の試料を用いて、上述と同様に加熱による結晶粒度の変化と衝撃値との関係を求めたところ、Fig. 1 および Fig. 2 中に白丸にてプロットしたように、この一連の試料の場合も混粒中の粗粒の面積比と加熱試料の衝撃値との間には上述のキルド圧延鋼板試料とほとんど同様の傾向があることが示された。

以上の結果によれば、結晶粒が整粒の場合の衝撃値は高いが、異なつた大きさの粒が共存する混粒になると衝撃値は低下し、細粒と粗粒の面積比がほぼ等しくなつたときに最低値を示すことがわかる。細整粒と粗整粒を比較すると、結晶粒界の多い細整粒のほうが衝撃力に対する抵抗が大きいため粗整粒よりも衝撃値は高くなる傾向



a) Near homogeneous fine grain b) Duplex grain c) Near homogeneous coarse grain

Photo. 1. Example of microstructure of killed steel heated at 925~1000°C. ×50 (2/3)

があらわれているが、混粒にかかわると結晶粒の大きさの不均一化のために組織内に衝撃力の不均一分布を生じ、そのためにノッチ効果があらわれ、衝撃値が低下するものとみられる。

3.2 鋼の衝撃値におよぼす結晶粒度と最高加熱温度の影響

鋼の衝撃値は通常焼なましまたは標準状態において試験されるが、同一の鋼材でもオーステナイト化温度に加熱し、最高加熱温度をかえてオーステナイト結晶粒度を変化させると鋼の衝撃値は変化する。従来の文献⁴⁾においても同一鋼の加熱温度をかえてオーステナイト粒度をかえ、焼入焼戻してロックウェル C50 の硬さにそろえた試料についての衝撃値と加熱による初期粒度番号（従来のオーステナイト粒度判定法にもとづく平均粒度番

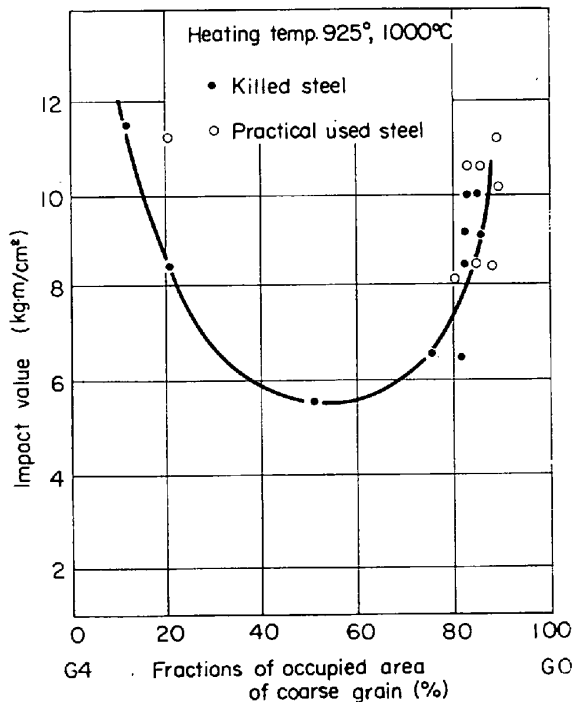


Fig. 1. Relation between fractions of occupied area and impact value of heated steel at 925 and 1000°C.

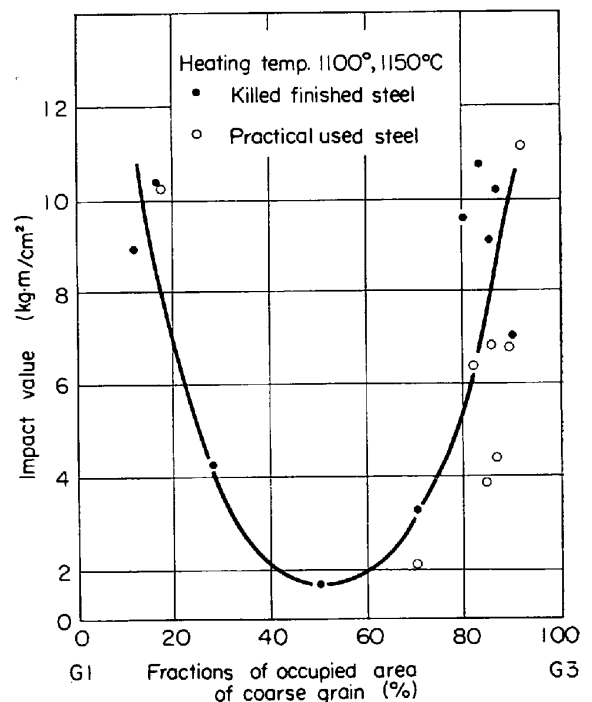


Fig. 2. Relation between fractions of occupied area and impact value of heated steel at 1100 and 1150°C.

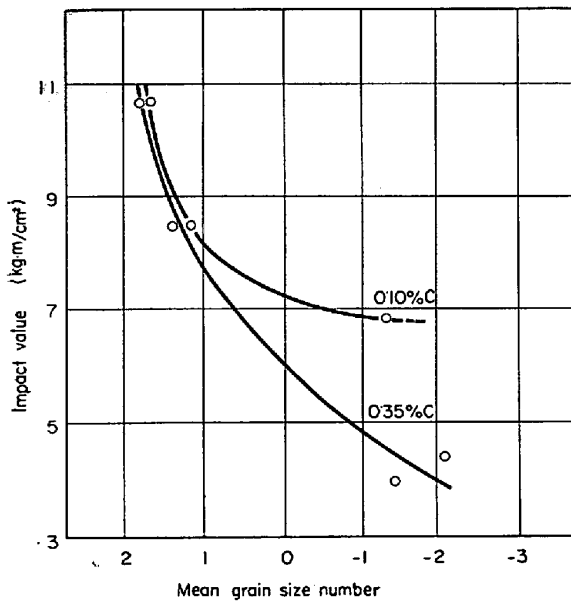


Fig. 3. Relation between mean grain size number and impact value of heated steel. (0.10% C, 0.35% C)

号)との関係が示されているが、これによれば平均粒度が低下するほど焼入焼戻し後の衝撃値が低下する傾向があらわれている。著者は前報において、加熱試料の衝撃値を著者の明らかにした判定法にもとづく判定粒度に対応せしめたが、前節の試料の衝撃値を従来の判定法と同じ平均粒度に対応せしめたところ Fig. 3 の関係が得られた。同図は実用炭素鋼より採取した 0.10% および 0.35% C の試料の一例であるが、加熱により平均粒度が低下すると衝撃値も低下し、従来の文献にみられるものと同様の傾向があらわれている。しかるに同一の衝撃値のデータを本粒度判定法にもとづく判定粒度に対応せしめた場合には、前節の Fig. 1 および Fig. 2 にみられるように混粒中の粗粒の面積比の変動によって鋼の衝撃値が著しく異なつて示され、結晶粒度と衝撃値との関係が従来よりいつそう明りように示されることがわかる。そこで本粒度判定法による判定粒度と衝撃値との関係を用いて、鋼の衝撃値におよぼす結晶粒度と加熱温度との関係を考察した。すなわち、鋼の衝撃値はその鋼をオーステナイト化温度に加熱し、本判定法にもとづく判定粒度が整粒に近い状態を呈する場合がもつとも高く、混粒の場合は粗粒の面積比に応じて衝撃値は低下する。よつて鋼を加熱して、結晶粒を整粒に変化せしめることによりその衝撃値を向上せしめることがわかる。ところで前報⁵⁾にのべたとおり、オーステナイト領域において鋼の結晶粒が整粒に近くなる温度域は鋼の炭素量の増加にともなつて低下し、その傾向は前報⁵⁾の Fig. 4 に示されている。そこで鋼をオーステナイト化温度に加熱しその鋼の炭素量に応じて前報⁵⁾の Fig. 4 に示される整粒に近い温度域に保持後冷却すれば、鋼の衝撃値を向上せしめることが明らかである。

4. 結 言

オーステナイト領域の各温度に加熱した結晶粒度の状態を変化させた試料について衝撃値の変化をしらべた。

その結果を要約すればつぎのとおりである。

1) オーステナイト領域の各温度に加熱した鋼の衝撃値を著者の明らかにした粒度判定法にもとづく結晶粒中に含まれる粗粒の面積比に対応せしめたところ、結晶粒が整粒に近い状態では衝撃値が高く、粗粒の面積比が増大して混粒にかかわると衝撃値は低下し、細粒と粗粒の面積比がほぼ等しくなつたときの衝撃値が最低値を示す。さらに粗粒が増大して粗粒のみの整粒に近づいたが、い衝撃値は再び向上することが明らかとなつた。

2) 鋼の衝撃値は加熱温度によつて著しく変化するので、衝撃値におよぼすオーステナイト結晶粒度と最高加熱温度の影響について考察し、鋼の炭素量に応じて前報⁵⁾ Fig. 4 に示す整粒に近い温度域に加熱することによつて、その鋼の衝撃値を向上せしめうることを明らかにした。

文 献

- 1) 岡田: 鉄と鋼, 48 (1962) 4, p. 544
- 2) 岡田: 鉄と鋼, 49 (1963) 3, p. 535
- 3) 岡田: 鉄と鋼, 49 (1963) 10, p. 1505
- 4) 今井: 鉄鋼材料 (金属工学講座材料編) (1960)
- 5) 岡田: 鉄と鋼, 53 (1967) 4, p. 489

(200) 応力除去焼鈍による鋼材劣化の研究

八幡製鉄, 技術研究所

工博 権藤 永・西 正・○榊原瑞夫

The Investigation on Deterioration of Steels by Stress Relieve Annealing

Dr. Hisashi GONDŌ, Tadashi NISHI and Mizuo SAKAKIHARA

1. 緒 言

複雑な形状をもつ部品は、溶接した後、残留応力除去の目的で 550°C 以上の長時間加熱、あるいは数回の焼鈍を行なつて残留応力を除去した後使用される場合がほとんどである。

従来応力除去焼鈍 (以下 S.R. と呼ぶ) に伴う材質劣化に対する知見は現象的に各種成分の影響¹⁾, γ 域からの冷却速度による機械的性質の変化²⁾, 顕微鏡組織のフェライト結晶の成長, および炭化物の粒界凝集³⁾によつて説明しているが、材質劣化の支配的要因が結晶の成長および炭化物凝集によるものであるならば、機械的性質と加熱保持時間の対数とは直線関係になければならない。しかるに実際は加熱保持時間によつて鋼材は材質劣化、回復 (衝撃試験) の過程を繰返す⁴⁾ものなのである。一方、現在まで、S.R. 劣化の定量的検討はなされていないように思われるので本研究では定量的把握のアプローチとして ASTM A-302 B 鋼の基本成分に、Mo, V, Ti, Nb の含有量を変化して添加したものの S.R. 後の機械的性質の変化、結晶の成長、炭化物の形状、および炭化物の組成におよぼすこれらの元素の影響を明らかにした。

2. 供試材および実験方法

供試材の化学成分を Table 1 に示す。鋼 A は 0.3Mo