

Fig. 3. Change of the internal holes by upsetting.

(4) 直径 6mm 長さ 6mm および 12mm の小空孔を有する場合の圧着機構はいずれも空孔が全長にある場合と異なり軸方向の圧縮変形によつて圧着する。この場合長さの短いほど、また空孔が全長による場合よりも小さい圧縮率で圧着する。各部の空孔の圧着はその形状にかかわらず軸心では中央部から端面へ中周部では剪断部分、圧縮変形部の順にかつ軸心に近いほど早く始まる。

IV. 結 言

直径 100mm、高さ 100mm、150mm、および 250mm の試験片により平面および円錐型金敷を用いて 1,200°C で圧縮試験を行ない内部の変形機構と空孔の圧着におよぼす影響を調査した。

圧縮鍛練によつて内部変形は金敷に接したほぼ円錐体の不変形部分とこの不変形部分に接した剪断変形部分および中央の圧縮変形を受ける部分に分けられる。これらの大きさは高径比、金敷の形状、圧縮率などによつて変化し、その形状および大きさが内部の鍛練効果に影響し高径比が小さい試験片程同一圧縮率で中央の鍛練係数に著しい差異は認められないにもかかわらず、小さい圧縮率でも圧着する。これは胴部のふくらみがなく外方への変形がおこり難いためである。また円錐型金敷を用いた場合圧着がおこり易いのは中央の鍛練係数も大きくなりかつ胴部の外方への変形がおこりにくいからであることがわかった。

文 献

- 1) 原: 鉄と鋼, 22 (1952) 9, p. 677
- 2) 小野寺: 日本製鋼技報, (1962) 10, p. 1059
- 3) A. TOMLISON: J. Iron & Steel Inst. (U. K.), March (1959) p. 209

621.78.062.5 = 621.9.016.2
 621.78.019.82
 (194) 鋼材の加熱条件と熱間加工性との関係 63384

八幡製鉄光製鉄所 工博 太 宰 三 郎
 " " 技術研究室 1627~1629
 岡本 一生・江口 直記・富永 治朗

On the Relation between the Heating Conditions and the Hot Workabilities of Some Commercial Steels.

Dr. Saburo DAZAI, Kazuo OKAMOTO,
 Naoki EGUCHI and Ziro TOMINAGA.

I. 緒 言

鋼材を酸化性雰囲気中で加熱する場合に生ずる主な問題は、形成されたスケールの性状¹⁾と鉄の選択的酸化に伴う tramp elements の表面富化²⁾であつて、両者とも鋼材の熱間加工性にかなり影響することから従来より数多くの研究が行なわれている。しかし tramp elements の表面富化が少ない条件でも微細な亀裂を生ずることがあり、特に Si, Cr, Ni の如き密着性スケールを形成する元素を含む鋼材ではこの点が問題になる。

そこで本研究では数種の実用鋼材についてこれらのスケール性状と加熱温度、加熱時間などの加熱条件との関係に注意をはらつて実験し、これが熱間加工性におよぼす影響を調べ、更にこれらの関係からスケールの影響が少ないと考えられる加熱、加工温度における熱間加工性について実験を行ない、鋼材の熱間加工を検討した。

II. 実験方法

実験に用いた試料はいずれも現場で溶製、圧延した SWRM, SWRH, SWRS 系の数種の軟、硬鋼, SUP 6 および 10 のばね鋼, SUS 24 および 27 のステンレス鋼である。

酸化加熱実験には マツフル型電気炉を用い 15mm φ × 70mm 寸法の試験片を水蒸気を添加した空気中で 1000~1250°C の間の各温度で 15~540mn 加熱し空冷後横断面の顕微鏡組織、スケール生成量などを調べた。

これと平行して 15×10×80mm³ 寸法の試験片を同温度で加熱しシャルピー試験機を用いて熱間で折曲げを行ない、折曲げ面の肌あれの状況、顕微鏡組織を調べた。

加熱、加工温度の影響を調べるため、10mm φ × 40mm (平行部) 試片を 1050~1300°C の間の各温度で 10mn 加熱しその温度でまた 1200°C に 10mn 加熱後冷却して 800~1100°C でそれぞれ熱間捻回試験を行なった。この場合歪速度は 0.9, 3.9, 7.8, 15.7 s⁻¹ (捻回速度はそれぞれ 70, 300, 600, 3000 rpm) とした。

III. 実験結果

1. スケール性状と加熱条件

スケール外観は加熱温度が上昇するに従い、薄膜状の

ものから光沢のない青灰色のものに変わり所々 blister が生ずる。更に温度が昇ると光沢のある緻密な盛り上つた厚いスケールが形成される。加熱時間あるいは鋼種によりこれらスケールの生成される領域は異なり, Sup 6, Sus 24, Sus 27 などは SWRM, SWRH などに比し薄膜状スケールの領域が広い。従つてスケール生成量も低温では少ないが, 1150°C を超えると Sup 6, Sup 10 は急増し光沢のないざらざらしたものから光沢のある厚いスケールに変わる。Sus 24 もほぼ同様な傾向を示す。

スケールメタル境界部の顕微鏡組織は GRIFFITHS¹⁾ により示されている如く結晶粒内の酸化物の析出, 酸化物の粒界侵入などが観察されるが, これらの様相は加熱温度, 加熱時間あるいは鋼種によりかなりの差がみられる。いま, メタル表面附近の結晶粒内に微細な酸化物粒子が分散している状態を I 型と呼び, 酸化物粒子が比較的太く成長しいわゆる Subscale を形成しかつ酸化物が粒界侵入している状態を II 型として分類した。I 型の場合も詳さに観察すれば鋼粒界に極めて細い酸化物の侵入が見られる。

鋼種ごとに比較すると Fig. 1 に示す如く Sup 6 は 1100°C までは I 型で, スケール外層は Fe₃O₄, FeO からなり内層は silicate と FeO の混合からなり粒内に微細な酸化物粒の析出がある。1150°C になると II 型に変わり内層はほとんど silicate になり粒界侵入は subscale 層をつき通つて深くなる。組織的にみてこの silicate は加熱温度で溶融していると思われる。Sup 10 は Sup 6 と大差ないが II 型における subscale 層が粗く粒界侵入した subscale には FeO がやや多い。chromite 系スケールの生成はない。これに対し SWRM, SWRH などの普通鋼は 1100°C まで I 型で内層スケールに silicate がほとんどなく, 1150°C になると II 型に変わるが酸化物粒は太く丸く楔状の粒界侵入の数は比較的少い。また silicate は FeO が主体でその廻りに silicate の薄膜がみられる。Sus 27 は Fig. 1 に示す如く 1100°C までの短時間加熱では I 型で酸化物は chromite が主

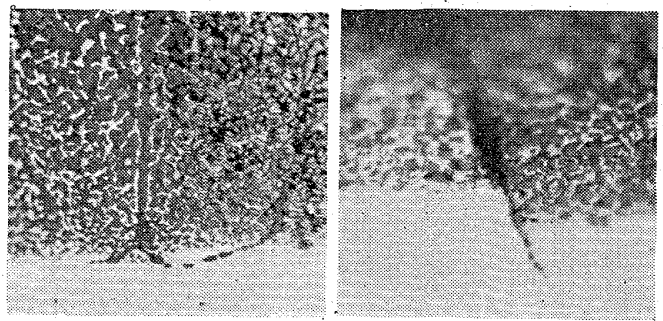


Photo. 1. Scale-metal interface structure of stainless steel(SUS27) 1h. (as treated)
Photo. 2. Fissure along intergranular scale, bent after heated at 1250°C for the same condition.

体でその厚みは薄い, 1150°C になると II 型に変わり subscale は極めて密になり粒侵入は顕著になる (Photo. 1)。Sus 24 は Sus 27 と同傾向であるが, subscale は太く長く粒界, 粒内をとわず楔状に chromite が形成され, この内側に Cr 欠乏による異常組織が形成される。

2. 熱間加工性と加熱条件

熱間折曲げ面の肌あれの状況と加熱条件の関係をみると II 型スケールが形成されると粒界侵入部に沿つて亀裂が生ずることが検鏡により確かめられた (Photo. 2)。なおこの部分には tramp elements の表面富化組織は観察されない。I 型スケールでも比較的丸いものは亀裂にならぬが, この部分から剝離を生ずることがあり肌あれを生じ, Sus 27, Sup 6 はこの傾向が強い。

以上の試験により II 型スケール特に粒界侵入の起らないような低温加熱が必要と考えられるが, 熱間加工に際しては鋼材の温度は低下し特に条鋼圧延の如く高速連続圧延では途中の温度低下並びに歪速度の変化による熱間加工性の変化が問題になる²⁾。各鋼種について熱間捻回試験を行なつた結果の 1 例は Fig. 2 および Fig. 3 に示す如くで, SWRH 系の硬鋼線材は 1200°C 以上加熱温度の上昇とともに捻回値は低下した歪速度の増加と共に減少する。SWRS 系ピアノ線材も同一傾向であるが捻回値は著しく高い。Sup 6 は SWRH と同傾向であるが捻回値はやや低い。これに対し SWRM 軟鋼線材 (キルド) は歪速度の増加と共に捻回値の最高を示す加熱温度は低温側にずれる。加工温度の影響をみるに SWRM 以外は捻回値の最高を示す温度は 1100°C 前後で, 950°C 以下は一般に急激に低下する。1200~1050°C 範囲内で加熱, 加工温度を比較すると著しい差はない。トルクと歪速度および温度との関係を求めると $\sigma = k_1 \epsilon^m$ および $\sigma = k_2 e^{A/T}$ (σ : 最大平均剪応力, ϵ : 歪速度, T : 加熱温度, k_1, k_2 : 常数) の関係が成立する。ここに m は σ の歪速度に対する感受性を示すが $m = 0.05 \sim 0.3$ の間で温度の上昇と共に増大し, Sup 6, SWRH 系が比較的高く, SWRS は小さく Sup 10 は最小である。また A は温度に対する感受性を示し $A = 0.25 \sim 0.5 \times 10^4$ の間で歪速度の増加と共に低下する。鋼種ごとに明確な差はない。

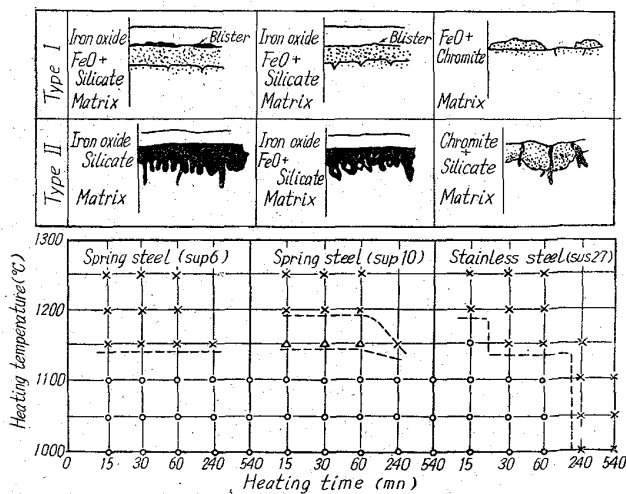


Fig. 1. Classifications of scale-metal interface structure and those changes by heating condition. (Type I: O, Type II: X, mixed: Δ)

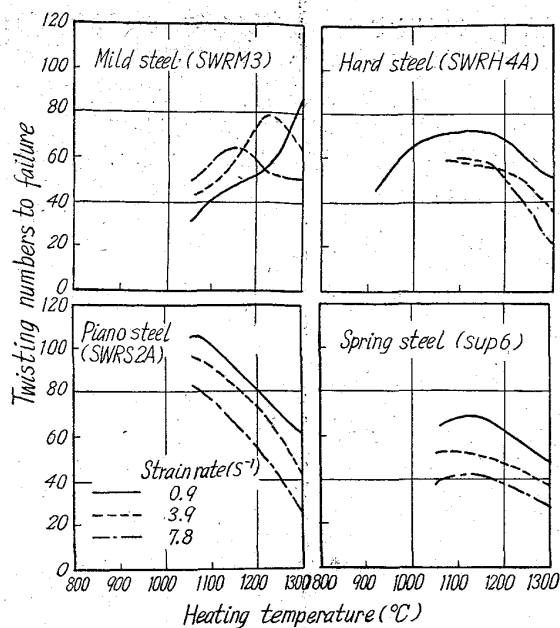


Fig. 2. Influence of heating temperature on the hot workability. (heating time: 10 mn)

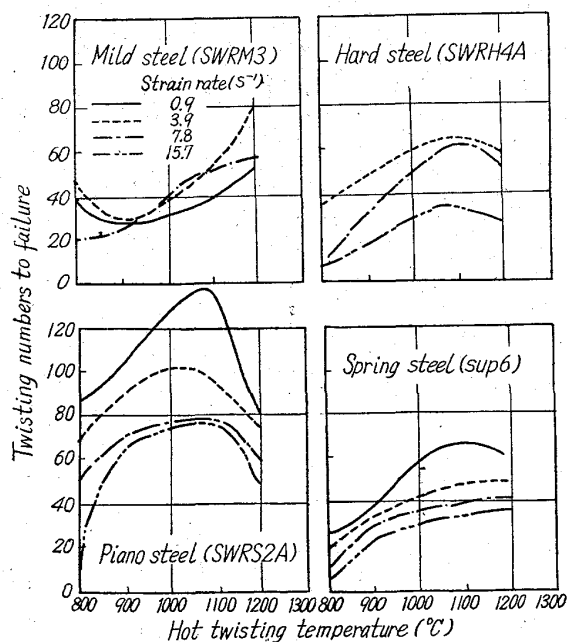


Fig. 3. Influence of hot working temperature after heating at 1200°C for 10 mn.

IV. 結 言

数種の実用鋼材の酸化加熱時のスケール性状を調査した結果、粒界侵入を伴う subscale の形成は各鋼種とも 1150°C から生じ、特に Sup 6, Sup 10 の如きばね鋼, Sus 24, Sus 27 ステンレス鋼では粒界侵入が深くかつスケールは silicate あるいは chromite 質のもので熱間加工性を著しく阻害することが判り、これらの粒界侵入の起らない温度減での鋼材の変形能、変形抵抗について実験しそれぞれの鋼種について加工温度を求めた。

文 献

1) 例えば GRIFFITHS: J. Iron & Steel Inst. (U.

K.), 130 (1934) p. 377, 132 (1935) p. 67, (1937) p. 165, PREECE: J. Iron & Steel Inst. (U. K.), (1944) p. 253

2) 大竹, 他: 日本金属学会誌, 21 (1957) p. 536, 640, 22 (1958), 23 (1959) p. 15

3) 太宰: 鉄と鋼, (1962) p. 1392

669.14.018.8:669.15'24'26-194.56
=621.9.016.2:620.191.31

(195) オーステナイト系ステンレス鋼の熱間加工性の改良について

住友金属工業鋼管製造所 63385
谷口 千之・江藤 重任
○井上 愧・梅田 洋一

Improvements of Hot Workability on Austenitic Stainless Steels. 1629~1631

Chiyuki TANIGUCHI, Shigetō ETŌ, Akira INOUE and Yōichi UMEDA.

I. 緒 言

オーステナイト系不銹鋼の熱間加工性の研究については、森島りを初め種々の研究が行なわれており、特に当所のごときマンネスマン製管法においては、ニッケルのバランス、含有酸素量など組成上の特性、すなわち、僅かの組成の相異が熱間加工性、とくに内面疵の発に生著しい影響を与えることがよく知られている。

とくに最近の如く高級材質の開発、すなわち 18%Cr-11%Ni-0.5%Ti or 0.8%Nb 鋼, 25%Cr-20%Ni 鋼, 18%Cr-11%Ni-2.5%Mo-0.5%Ti 鋼, 19%Cr-13%Ni-3.5%Mo 鋼, 20%Cr-32%Ni 鋼などの増加とともに製管性のみならず、Ti あるいは Nb 添加材以外の材質は分塊時の加工性、とくにコーナー・クラックの発生防止などの問題も注目されてきた。

本報ではこの種の加工性改良のために行なつた現場試験の中、稀土類元素処理の影響および丸鋼圧延比と高温振り試験の関係について行なつた調査結果を報告する。

II. 稀土類元素処理の効果について

上記のごとく分塊圧延時のコーナークラックおよびマンネスマン製管における内面カブレ疵の発生防止については、当所において最も留意した所である。不銹鋼の熱間加工性の改良効果については多くの研究が行われているが、当所においても稀土類元素の有効利用については昭和 32 年より検討を行ない、現在では 2, 3 の問題点を残すものの分塊圧延あるいは製管性の向上に極めて効果的である。

稀土類元素としては市販の Ce 45%, La 30% ものを使用したが、稀土類元素の脱酸力が強いためとくに当所の製鋼作業面では次の諸点に留意している。すなわち、1) 鍋中での cage 添加法の採用。2) 取鍋煉瓦への Al₂O₃-TiO₂ 系煉瓦の使用。3) 上注法の使用。4) 廻転鑄造の実施²⁾。などにより介在物とくに脱酸生成物の生成防止および浮揚の促進に努めている。

1. 分塊圧延時発生する疵防止について

前述のごとく 25%Cr-20%Ni 鋼, 20%Cr-32%Ni 鋼あるいは 19%Cr-13%Ni-3.5%Mo 鋼については、分