

Title	オーステナイト系鑄塊の鍛造性に対する基礎的研究
Author(s)	山根, 寿己
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	http://hdl.handle.net/11094/28174
DOI	
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

【 2 】

氏名・(本籍)	山根寿己
	<small>やまねとしみ</small>
学位の種類	工学博士
学位記番号	第 6 号
学位授与の日付	昭和 33 年 4 月 30 日
学位授与の要件	工学研究科冶金学専攻 学位規則第 5 条第 1 項該当
学位論文題目	オーステナイト系鑄塊の鍛造性 に対する基礎的研究
	(主査) (副査)
論文審査委員	教授 美馬源次郎 教授 松川 達夫 教授 多賀谷正義 教授 足立 彰 教授 西田 善次 教授 茨木 正雄

論 文 内 容 の 要 旨

最近のジェットエンジン、ロケット等の著しい発達にともないこれに使用される耐熱鋼の性質は極めて良好なものが要求され、又使用される量も多くなって来ている。このような需要面からの要求に答えて工場では高合金耐熱鋼を多量に生産しているが、鑄塊の鍛造に当っては鍛造割れに依り相当量の高価な高合金耐熱鋼を廃棄しており、経済性の上から見て好ましくない状態にある。

このような技術的混乱をまねいている原因は鑄塊の鍛造に於ける系統的、材料学的研究が欠けているためである。従来の鍛造の研究は衝撃時に於ける歪、応力を調べること自体、或は材料力学的な立場よりの研究ばかりで、これらは鑄塊の鍛造に於ける割れの問題解決には一向に役立つものとは思われない。

以上の如き状態を解決するために材料学的特に冶金学的立場に立ってオーステナイト系耐熱鋼鑄塊の鍛造性を研究した。

試料はオーステナイト系耐熱鋼としては比較的安価でしかも高温に於ける機械的、物理的、化学的諸性質が良いため広く用いられている Timken 16—25—6 を代表的試料として鑄塊の鑄造組織（粒状晶、柱状晶）と鍛造性との関係を調べた。

一般に柱状組織が有する方向性は鍛造に悪影響があると云われているが、これに関しては未だ研究がない。

本論文は 3 編より成り立っている。第 1 編は「鑄塊の柱状及び粒状組織の鍛造性」で粒状組織、柱状組織を柱状晶軸方向に、柱状組織を柱状晶軸と垂直方向に加工する場合について研究を進めた。

鍛造時（衝撃圧縮）の応力—歪曲線は池島氏の使用した感応コイルの感応起電力が永久磁石速度に比例する原理を利用して得た。

試験片は Timken 16—25—6 の 100 キログラム鑄塊より、近接した位置から粒状晶、柱状晶を切り出し圧縮試験、引張り試験、曲げ試験を衝撃的及び静的な場合について高温試験を行ない、次の結果を得た。

(1) 変形抵抗は大きい方より粒状晶，次いで柱状晶を柱状晶軸と垂直に加工した場合（柱状晶横），柱状晶を柱状晶軸方向に加工した場合（柱状晶縦）の順に小さくなり組織による変形抵抗の差は加工温度が高くなると小さくなる。

(2) 圧縮加工の割れは圧縮率より見ると割れやすい方より柱状晶縦，一粒状晶，柱状晶横の順に割れにくくなり引張り試験では伸びの上より切れやすい方より柱状晶横，粒状晶，柱状晶縦の順に切れにくくなっている。

(3) 割れは主として結晶粒界より発生し，またこれに沿って発達している。

(4) 衝撃的加工の方は静的加工の場合より割れが生じやすい。

(1) の変形抵抗の違いは結晶が柱状晶軸方向に (100) 面が垂直であり柱状晶縦圧縮は (100) 面を，柱状晶横圧縮は結晶軸のある一軸に垂直に他の二軸には任意の角度で，粒状晶は立方晶の三軸に対して任意の角度で加工していることと粒界の干渉に主として起因している。

(2) の割れの挙動は柱状晶横圧縮は粒界より圧縮するから粒界割れを押え，柱状晶縦圧縮では粒界より応力がかからずに外側に曲げがかかることに主として起因していると考えられる。

加工速度による加工エネルギー（同一歪になるまでの加工エネルギー）の違いは転位論的に見れば，転位を動かすに必要な有効応力 σ の違いによっており加工エネルギーの差は殆んど熱エネルギーとして放散され試料温度を上昇させているとすると説明がつく。

更にオーステナイト系耐熱鋼の鍛造に際しては変形双晶が生じやすいことはよく知られている。これをエネルギー的な見地から解明するために第2編では「鍛造により生じた双晶の蓄積エネルギー」の標題で双晶の生ずる鍛造加工と双晶の生じない静的圧縮加工の場合について蓄積エネルギーが如何に違うかを Sykes の比熱測定方法で変形双晶の生じやすいアームコ鉄を試料として測定した結果，双晶による蓄積エネルギーは10%圧縮で 0.014cal/g, 50% 圧縮で 0.02cal/g であり圧縮エネルギーに対する蓄積エネルギーの割合は衝撃圧縮で4.9%静的圧縮で7.6%なる結果がえられた。

次に組織に方向性をもつ柱状組織は応力の種類によって鍛造の割れ発生に悪影響があることが明らかにされたわけであるが，これを防止するために鑄造組織を改善する目的で鑄塊の凝固速度の理論式をアルミニウムを使用し，熱拡散より求めた理論式を補正し，Timken 16-25-6 鑄塊の凝固速度曲線を求めた。結晶成長速度曲線が，この凝固速度曲線より下にあるようにすればよいが実際作業では熔体を急冷するか徐冷せねばならず柱状晶生成を阻止することはむずかしい。

このような柱状晶のある鑄塊で最も良い鍛造性のえられる鑄塊の形状について考察を行った結果，現今使用されている3枚翼型のスターインゴットで中央部を切り捨てる方法が柱状晶を横から鍛造する意味から言っても，現段階としては一応良好な鑄塊形状であると言える。

論文の審査結果要旨

本論文は高合金「オーステナイト」系耐熱鋼鑄塊の，いわゆる“鍛造割れ”の問題解決に資する目的で行った「オーステナイト」系鑄塊の鍛造性に対する物理冶金学的研究に関するもので，緒論，3編の本論，及び結論よりなる。

緒論では本研究を行った理由を説明している。高合金「オーステナイト」耐熱鋼の“鍛造割れ”の解決が困難である主要な理由は本課題、即ち、柱状組織の発達し易い高合金「オーステナイト」鋳塊の鍛造に関する問題を物理冶金学的な立場から追求した研究資料が全くないことであると指摘し、本課題の研究実施が必要な根拠を説明している。

第1編は本論文の骨子をなすもので、鍛造実験、補助的な数種の高温度材料実験および顕微鏡試験等につき、方法、結果および考察を4章にわたって詳しく説明している。第1章第1節では、試料に「チムケン・16-25-6」を選んだ理由、および試験片の調整につき、第2節では著者が製作した鍛造実験装置およびその他の高温材料実験装置について説明し、第3節では実験の方法を説明している。即ち、いずれの実験も柱状晶単一組織試験片、粒状晶単一組織試験片、および組織の併合した試験片の3種類について実施し、更に柱状晶組織試験片及び併合組織試験片については、それぞれ、柱状晶の長軸に平行な方向と、垂直な方向とに別々に鍛造し、前者を柱状晶縦鍛造と、後者を柱状晶横鍛造と呼んでいる。第2章第1節に於ては、鍛造実験の結果を説明し、第2、3、4、5および6節に於ては、夫ぞれ高温に於ける静的圧縮、衝撃引張り、静的引張り、衝撃曲げおよび静的曲げ等に対する実験結果を説明している。即ち、鍛造実験から得られた応力-歪曲線の初期勾配は、粒状晶単一組織を鍛造せる場合が最も大きく、粒状晶横鍛造がこれに次ぎ、柱状晶縦鍛造が最も小さくなること、応力-歪曲線の最大圧縮応力も、同様に柱状晶鍛造、柱状晶横鍛造および柱状晶縦鍛造の順に低下すること、および同一加工度（この場合の加工前、後の試片の高さの比の対数で表わす）に鍛造するに要する加工エネルギーは粒状晶鍛造、柱状晶横鍛造および柱状晶縦鍛造の順に減少すること、又併合組織の試験片に於ては単一組織のものに比し量的な違いは少ないが同一傾向を示すこと等を確認している。又他の高温に於ける静的圧縮、衝撃引張り、静的引張り、衝撃曲げおよび静的曲げ等の実験に於ても夫ぞれの性質と鋳塊組織との間に一定の関係のあることを認め、これらについて詳しく説明している。又顕微鏡試験結果の説明に於ては、いずれの試験片の“鍛造割れ”も、結晶粒界に発生し、粒界に沿って進展するものが著しく多いと指摘している。尚“鍛造割れ”は柱状晶縦鍛造の場合に最も現れ易く、粒状晶鍛造の場合がこれに次ぎ、柱状晶鍛造の場合が最も現れ難いことを確認し、顕微鏡写真で詳しく解明している。更に“鍛造割れ”は静的圧縮時に現れる亀裂に比較して、一般に細かく、かつその数が多いと説明している。次に加工硬化は衝撃加工が静的加工に比べて大きいこと、迂り線は一般的に衝撃加工が静的加工に比べてその数は多く、かつ細かいこと、および加工による比重の減少は静的加工よりも衝撃加工に於て著しいこと等を実験結果より確認している。第3章および第4章は夫ぞれ以上の実験結果の総括および考察である。著者は、面心立方晶系の不純な金属、および合金の結晶は凝固に際しては常に $\langle 100 \rangle$ の方向に成長するという事実および鍛造条件を結晶の迂り理論と粒界の干渉理論に取り入れると共に、これに補助的な実験結果を使用して、鍛造時の応力-歪曲線の初期勾配、最大圧縮応力、同一鍛造エネルギーに対する変形量、および“鍛造割れ”等が試験片の組織によって異なることを詳しく解明している。又衝撃加工と静的加工に於ける加工エネルギーの違いに対しては、転位論を用いて考察を進め、加工エネルギーの違いは、転位を動かすに必要な有効応力の違いに起因し、かつ加工エネルギーの違いは熱エネルギーとして試料の温度上昇に消費されると説明し、その算出した値が実験結果に較べて妥当なることを説明している。

第2編は鍛造で起きる双晶変形による蓄積エネルギーに対する研究の説明で、第1章には使用した試料、比熱測定装置、実験方法および実験結果等について述べ、鍛造により生じた双晶による蓄積エネルギーを測定している。第2章は考察で、蓄積エネルギーを堆積転位の相互作用エネルギーと転位の生成エネルギーとの和と考える場合と、ブラックの迂り機構を双晶に適用して蓄積エネルギーを求める場合とについて数値計算を行い、それらの計算値と実験結果とはよく一致すると説明している。

第3編は鋳塊に現れる柱状晶の生成は防止可能か否かを推定するために行った実験に対する説明である。著者は実験と理論式とより「チムケン・16-25-6」鋳塊の柱状晶生成条件を定性的に求め、実用的な造塊条件の範囲内に於ては、柱状晶の生成を防止することは困難である、との推論を行っている。

最後は結論で、著者は、以上に説明したような研究により、本課題に対し「オーステナイト」系鋳塊の鍛造は先ず柱状晶軸方向に垂直な方向より加工することが最良であると結論し星形鋳塊の鍛造に対し具体的に説明している。

以上の如く、本論文は高合金「オーステナイト」系耐熱鋼鋳塊の鍛造割れの発生、および進展状況が鋳塊組織の異方性により如何に異なるかを明らかにし、鍛造工程に物理冶金学的な鍛造指針とその理論的根拠とを与えると共に、鍛造割れの防止に資し、工学および工業に貢献するところが大である。よって山根寿己は大阪大学工学博士の学位を授与される資格あるものと認める。