

平成23年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「高炭素クロム軸受鋼の冷間鍛造技術開発」

研究開発成果等報告書

平成24年 3月

委託者 関東経済産業局

委託先 千曲精密工業株式会社

目次

第1章	研究開発の概要	
1-1	研究開発の背景・研究目的及び目標	P1
1-2	研究体制 (研究組織、管理体制、研究者氏名、協力者)	P2
1-3	成果概要	P4
1-4	当該プロジェクト連絡窓口	P4
第2章	本論	
2-1	開発名 高炭素クロム軸受鋼=SUJ2 冷間鍛造技術開発	P5
2-2	研究開発スケジュール	P6
2-3	成果内容	P7
	①高炭素クロム軸受鋼材の工程解析による工程間適正形状の取り決め	
	②高炭素クロム軸受鋼材の焼きなまし条件の研究	
	③高炭素クロム軸受鋼に負けない金型材種及び表面処理の選定	
	④ニアネットシェイプ鍛造を実現する新たな鍛造工法の研究	
	⑤自動生産化及び検査機の研究	
最終章	全体総括	P20

参考文献

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

現在、自動車業界は、円の為替レートの高値安定は続き、また、燃料、資材価格の急激な変動で製造・販売に大きな変化が見られる。従来市場の中心は欧米、日本という先進国であったが、中国、インド、タイなどのアジア諸国、ブラジル、ロシアなどの台頭で、グローバル化の加速等、その事業環境は目まぐるしく変化している。そのような状況の下でも、燃費規制や排気ガス規制への対応は依然として重要であり、車体の合理化などが求められ続けている。

本研究開発は、前述のニーズに基づき、さまざまなベアリングで用いられている高炭素クロム軸受鋼の中でも、切削加工で対応している部品を主に選定し、千曲精密工業株式会社の強みで有る、冷間鍛造～切削の一貫生産技術を生かし、国際競争力のある高精度低価格製品を国内において作ることを目標とした。

[従来技術] ・切削加工技術

切削加工とは工具と呼ばれる刃物で除去することにより、品物を要求の形状や精度に削り落とす加工方法で、切削クズが多く発生し、切削油を必要とし、いずれも金属クズ処理、廃油処理など環境問題も発生する。

[新技術] ・冷間鍛造技術により高炭素クロム軸受鋼部品を開発する。

金属素材を室温で、金型を用いて圧縮成型するのが冷間鍛造(Cold Forging)である。冷間鍛造はさまざまな変形様式を含み、そのなかに今回開発する、打ち抜き、後方押し出し、前方押し出しなどが含まれ、増肉も広義の冷間鍛造に含まれる製造方法である。

また、冷間鍛造の特長は歩留まりが大幅に改善することが挙げられ、環境改善される。さらに冷間鍛造は従来技術に比較し、冷間鍛造の特徴を生かし時間当りの工数を100ヶ(切削)から1,800ヶ(冷間鍛造)にして、コストを既存技術の80%にする目標を定め開発する。

本事業では、大学や金型メーカーと協力し、冷間鍛造技術を最大限に生かした高炭素クロム軸受鋼のニアネットシェイプ冷間鍛造品を作り、高精度で低価格な製品を実現させる。

付帯する研究開発として、

「高炭素クロム軸受鋼材の焼きなまし条件の研究」

平成22年度、平成23年度のテスト結果に基づき、量産が可能な焼きなまし条件を確立する。

「高炭素クロム軸受鋼に負けない金型材種及び表面処理の選定」

平成22年度、平成23年度を通して大量生産に適応できるよう研究する。

「自動生産化及び検査機の研究」

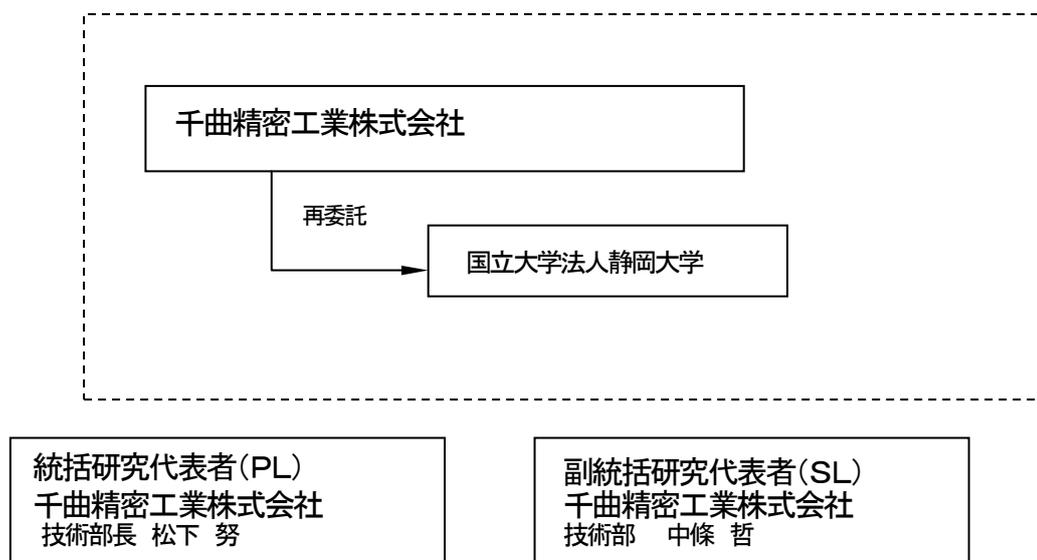
開発したアイテムAについて全数品質保証を図るためのインライン検査機を製造する。

1-2 研究体制

(研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者)

(1) 研究組織及び管理体制

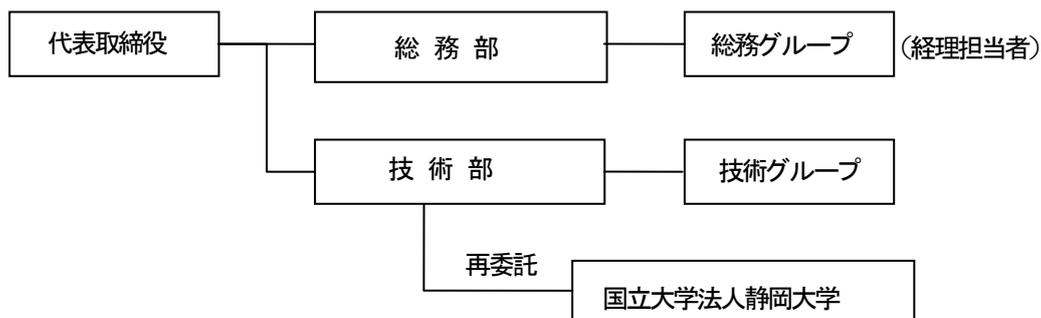
1) 研究組織(全体)



2) 管理体制

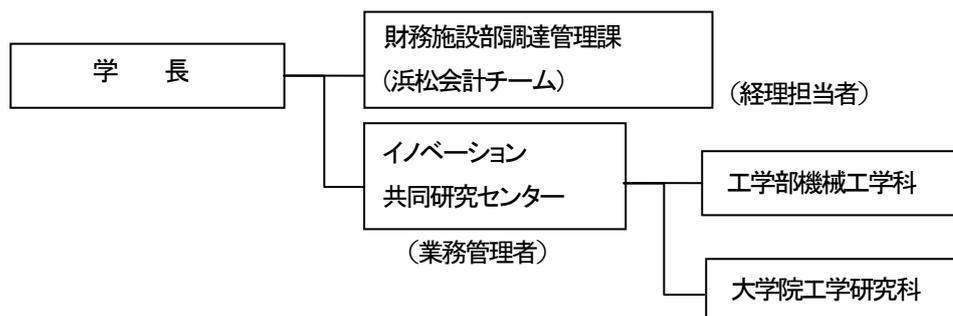
① 事業管理機関

[千曲精密工業株式会社] (業務管理者: 総務次長)



② 再委託先

[国立大学法人静岡大学]



(2) 管理員及び研究員

【事業管理機関】千曲精密工業株式会社

① 管理員

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
今田 直宏	総務部次長	⑥
松下 努	技術部長	⑥
中條 哲	技術部技術グループリーダー	⑥
伊藤仁久	技術部技術グループ員	⑥

② 研究員

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
松下 努 (再)	技術部長	①②③④⑤
中條 哲 (再)	技術部技術グループリーダー	②③
伊藤仁久 (再)	技術部技術グループ員	①②③④⑤

【再委託先】

(研究員)

国立大学法人静岡大学

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
中村 保	工学部機械工学科 教授	①④
久保田 義弘	工学部学術研究員 博士	①④
上田芳伸	静岡大学大学院 工学研究科 教授	①④

そのほかに協力者として、

天宅 幹夫	和田山精機株式会社 技術部長 金型に関する協力
村松 三郎	佐久間特殊鋼株式会社 営業チームリーダー 素材・熱処理に関する協力
進 九三郎	(財)しずおか産業創造機構 経営支援アドバイザー 進捗管理に関する協力

1-3 成果概要

- ①高炭素クロム軸受鋼材の工程解析による工程間適正形状の取り決め
- ②高炭素クロム軸受鋼材の焼きなまし条件の研究
- ③高炭素クロム軸受鋼に負けない金型材種及び表面処理の選定
- ④ニアネットシェイプ鍛造を実現する新たな鍛造工法の研究
- ⑤自動生産化及び検査機の研究

以上の五のテーマに取り組んだが総論として平成 22 年度、平成 23 年度の研究開発は予定通り完了した。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

連絡担当者所属役職・氏名： 技術部 部長 松下 努

Tel: 053-582-2332 Fax: 053-582-2335 URL:<http://www.chikuma-s.co.jp>

第2章 本論

今回の開発行為において、これより本論を記載するが、全体の流れが分かりやすくなるように表にまとめた。

2-1 開発名 「高炭素クロム軸受鋼=SUJ2」の冷間鍛造技術開発

No.	取り組み内容	報告書ページ(P)	
①	高炭素クロム軸受鋼材の工程解析による工程間適正形状の取り決め (実施:千曲精密工業株式会社、国立大学法人静岡大学) 高炭素クロム軸受鋼の冷間鍛造において、最終形態までの各工程形状を考慮しないと、デットメタルなどの不具合に発展するため、CAE(解析シミュレーション)ソフトを活用し、最適な工程間形状を導き出す。開発アイテムA、B、C、D、E(五種類)をCAE解析、開発した。	開発アイテムA、B、C、D、E	p7-
②	高炭素クロム軸受鋼材の焼きなまし条件の研究 (実施:千曲精密工業株式会社) 高炭素クロム軸受鋼材の成形前の素材硬度は、金型の寿命や製品精度に影響を及ぼすため、適正なヒートパターンで焼きなましを行うための条件を引き続き検証した。今期は昨年度のテスト結果に基づき、量産が可能な焼きなまし条件を確立した。	各アイテム共通	p15-
③	高炭素クロム軸受鋼に負けない金型材種及び表面処理の選定 (実施:千曲精密工業株式会社) 二年間で試作したさまざまな金型について、今年度は大量生産に適応できるよう研究する。高炭素クロム軸受鋼の成形時の加工硬化は、一般の炭素鋼に比べ高く金型への負担が大きいと、情報収集を継続し同材種に対応できる適切な金型材種や表面処理を選定し研究した。	各アイテム共通	p17-
④	ニアネットシェイプ鍛造を実現する新たな鍛造工法の研究 (実施:千曲精密工業株式会社、国立大学法人静岡大学) 切削レスや局所的な切削仕上げのみとする鍛造形状が必要なため、同技術を確認するために新たな鍛造工法や金型構造を研究開発する。特に昨年度にて準備が完了した開発アイテムDについて引き続き開発を行い、ニアネットシェイプの冷間鍛造を実現した。	開発アイテムD	p18-
⑤	自動生産化及び検査機の研究 (実施:千曲精密工業株式会社) 品質保証を加味した低価格での製品化を実現すべく、昨年度開発したアイテムAについて、2工程ともに自動で生産し、かつ全数品質保証を図るためのインライン検査機を製造した。また、量産可能な体制を構築し、金型寿命の把握等も行った。また、リング材による据え込み工法と内径増肉工法を研究し開発アイテムDのサンプル品を製作する。さらには、カップ後方押し出し工法及び打ち抜き工法の研究を行い開発アイテムEのサンプル品を製作する。なお開発アイテムD、Eについては、問題発生時に早期改善を可能とするために同形状で材質が異なるものについても作製した。	開発アイテムA	p19-
⑥	プロジェクトの管理・運営(千曲精密工業株式会社) ・事業管理機関・千曲精密工業株式会社において、本プロジェクトの管理を行う。プロジェクトの研究経緯と成果について取りまとめ、成果報告書2部及び電子媒体一式を作成した。研究開発成果等報告書及び電子媒体一式を作成する。・本研究の実用化に向けた到達の度合いを検証するとともに、事業化に向けての課題等について研究実施者と調整を行う。 ・再委託先事業者が作成する証憑書類について、指導・確認を行う。 ・研究開発推進委員会を委託契約期間内に4回開催した。	各アイテム共通	--

平成22年度の事業開始時に、活動内容をもれなく織り込んだ計画書を立案、展開し、その結果を以下に記述する。

2-2 研究開発スケジュール

計画名 高炭素クロム軸受鋼の冷間鍛造技術開発

(H22年度～H23年度)

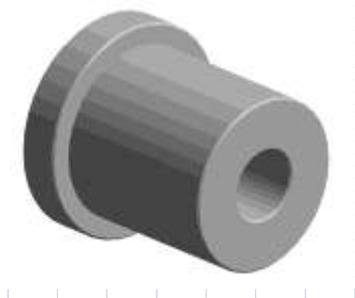
【番号】実施内容 冷間鍛造機(マツ製) L1C400、L1C630 OBS150	実施者 (実施場所)	実施時期											
		初年度				第二年度				第三年度			
		1 /	2 /	3 /	4 /	1 /	2 /	3 /	4 /	1 /	2 /	3 /	4 /
【1】サブテーマ1 高炭素クロム軸受鋼材の工程解析による工程間適正形状の取り決め		開発製品別に適正な工程形状を立案する。				5種類目のアイテム及びリング材の最適工程を取り組む							
【1-1】 工程立案 【1-2】 工程解析 (CAE) (アイテムA～E 5種類)	千曲精密工業株 静岡大学工学部	→	→			→	→						
【2】サブテーマ2 高炭素クロム軸受鋼材の焼きなまし条件の研究		80HRB を目標に焼きなまし条件を決める。				安定量産可能な熱処理条件を見つける。							
【2-1】 熱処理メーカーに情報収集 【2-2】 文献調査 【2-3】 トライアル、評価	千曲精密工業株 千曲精密工業株 千曲精密工業株 中部熱工(協力会社)	→	→	→			→						
【3】サブテーマ3 高炭素クロム軸受鋼に負けない金型材種及び表面処理の選定		対軸受鋼金型を作り上げる。				量産性のある金型材質と表面処理を改開発する。							
【3-1】 金型と表面処理について調査 【3-2】 試打ちによるデータ収集 【3-3】 アイテムA 設計、金型製作、トライ 【3-4】 アイテムB 設計、金型製作、トライ 【3-5】 アイテムC 設計、金型製作、トライ 【3-4】 アイテムE 設計、金型製作、トライ	千曲精密工業株 和田山精機株 千曲精密工業株	→	→	→	→	→	→						
【4】サブテーマ4 ニアネットシェーブ鍛造を実現する新たな鍛造工法の研究		低価格化に向けた鍛造形状を作る工法を研究開発する				トライを繰り返して実施し、量産確立する。							
【4-1】 リング材からの低荷重での鏝出し方法の確立、内径中央部の増肉工法と金型構造の研究開発 (アイテムD) 【4-2】 上記工法に対する助言 【4-3】 金型設計 【4-4】 金型製作 【4-5】 鍛造トライアル、評価	千曲精密工業株 静岡大学工学部 千曲精密工業株 和田山精機株 千曲精密工業株		→	→	→		→						
【5】サブテーマ5 自動化供給装置とインライン自動検査機の開発						製品の自動化及び1万円検査機開発							
【5-1】 自動供給装置の開発(アイテムA用) 【5-2】 1万円自動検査機開発(アイテムA用) 【5-3】 上記2件装置部品製作、トライ	千曲精密工業株 千曲精密工業株 和田山精機株 千曲精密工業株						→	→	→				

2-3 成果内容

①高炭素クロム軸受鋼材の工程解析による工程間適正形状の取り決め

開発アイテム A 成果報告書

・予定開発形状図(鍛造+切削後)



〈実現した部品〉

【研究開発内容及び目標値】

イ、深穴貫通打抜き工法と中空軸での前方押し出し工法を研究する。

ロ、鍛造工程:2工程

ハ、形状:外径段付形状

外径 1φ 31、外径 2φ 25、外径 1 長さ 6 内径φ 10.5、全長 32

ニ、平成 22 年度にて、サンプル品ができるよう研究開発した。

開発アイテムAについてのまとめ

当部品は、長年当社で全切削加工している部品で、冷間鍛造技術を用いて工法変更によるものづくりが行えるか研究開発する。

SUJ2は、材質の特性でカーボン含有量が1%程度有り、当社が今まで培ってきた冷間鍛造技術はカーボン含有量で0.1%から0.45%程度で、前焼鈍(焼きなまし)しても硬く塑性変形し難い材料である事から、例え冷間鍛造しても難易度が低い塑性変形しか出来ないと考えていた。

しかし、今後の経済動向から、コスト競争力を高めることは、必須内容であり、切削技術ではこれ以上下げることが出来ないところまできており、このままではコストの問題から、現地調達などされる恐れも高く、冷間鍛造技術が焦点になった。

SUJ2は、硬いが故に塑性変形し難いが、鍛造形状の工夫や素材を軟らかくする熱処理方法や、硬い材料でも耐えられる金型を選び、さらには金型構造を配慮することで成立すると考えた。

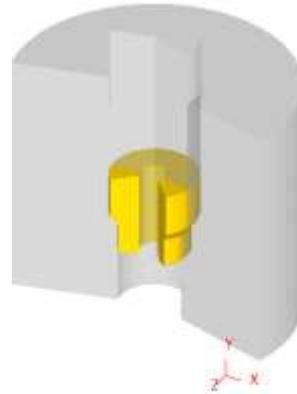
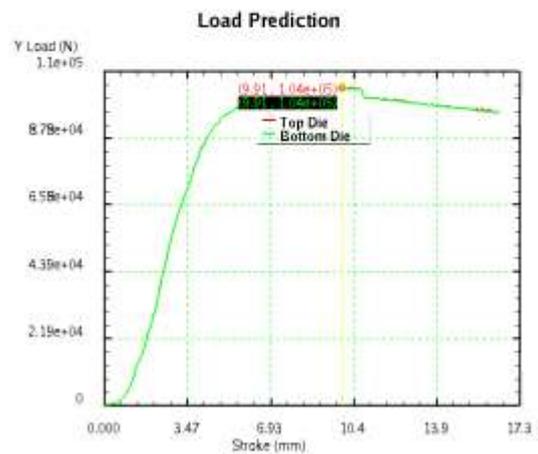
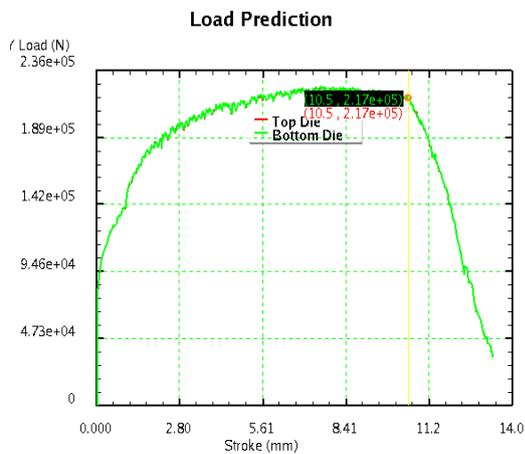
実際に既存技術と新技術とのコスト比較確認では、現行比80%目標に対し、78%の値であり、次期自動化までの開発が成功すれば、低価格製品のものづくりが出来る判断をした。

型打1

型打2

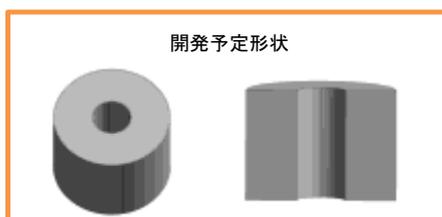
Step 1050

Step 100



シミュレーション結果は、異常な荷重曲線でない事と、荷重も低い事から、問題なく成立できる結果であったため、次項の金型設計をしていくことにする。

(解析の後、素材の焼きなまし研究を行っているが、冒頭のスケジュール表に基づき金型設計後の成果報告を行う。



本試作結果(型打ち1)

製作数 4材種(SUJ2 以外は比較確認用) × 4種の素材長さ
製作数について

材質	素材		製品化数	材質	素材		製品化数
	外径	全長			外径	全長	
SUJ2	φ 30. 8	22.4	459	S10C	φ 30. 8	22.4	61
		17.4	27			17.4	27
		15	30			15	29
		10	28			10	30
材質	素材		製品化数	材質	素材		製品化数
	外径	全長			外径	全長	
S45C	φ 30. 8	22.4	61	C1100	φ 30. 8	22.4	47
		17.4	29			17.4	29
		15	29			15	29
		10	29			10	29

使用プレス コマツ産機製 L1C400 ダイハイト460 30SPM
安全一工程にて作業



作業時の写真

開発アイテムAの写真
(SUJ2 素材 22.4L)



- 1) 1本を除いて、深穴貫通品は成立した。ただし、振れについて差が多く出た。
 同じような超硬の材料スペックで有っても、実際使用してみると顕著な差を確認した。
- 2) ガイド付きパンチの方が良かった。特に、No⑦は振れが安定して良く、量産化へつながる結果を得た。
- 3) ガイド付きパンチでもパンチの曲がりを認められたものの、4本/5本は0.04mm以下で落ち着いた数値だった。これは、ガイドにて曲がりを抑制していると思われる。
 基本的に金型は短く作り曲がらないようにするものだが、今回の開発部品にあたっては、ガイド付きにて成功した結果となった。

パンチ別確認データ

区分	No	結果	SUJ2での生産数	パンチ曲がり (mm)	芯の安定性 (作業性)	総評
ガイドなし (全長82)	①	振れ0.1以上で中止	6	0.07	×	×
	②	〃	9	0.05	×	×
	③	パンチに銅製品が張り付き中止	0	0.005	×	△
	④	パンチに製品が張り付き中止	36	0.02	×	△
	⑤	振れ大(0.4以上)で中止	2	0.005	×	×
	⑥	パンチ折れ	1	0.007	×	×
ガイド付 (全長106)	⑦	0.1以下良好	262	0.04	◎	◎
	⑧	振れ0.1以上で中止	10	0.07	△	△
	⑨	0.1以下良好	100	0.04	○	○
	⑩	振れ0.1以上で中止	45	0.04	△	△
	⑪	〃	3	0.04	△	△

(SUJ2での生産数は 22.4L材生産数を示す。)

ガイド付きパンチ写真



ガイド無しパンチ写真



SUJ2全長違い
製品写真 →



本試作結果(型打ち2)

- 1) SUJ2材ブランク時に焼鈍工程を入れたもの(前焼鈍有り材)が形状成立し開発行為は成立した。
- 2) SUJ2材は深穴抜きから、そのままボンデのみ付けた物は内径に大きな破断が発生し外周にも凸凹形状が認められた。

型打ち1後の表面硬度を確認したところ、外周が92HRBに対して、内径面は110HRBと20ポイント近く硬度差があった。硬度差が大きい事で、塑性変形時の材料の流れが不均一になることと、硬くなっているものを無理やり伸ばそうとした為、外周に対し、内部が追従せず延性破壊(破断)が発生したと考える。

前焼鈍品は、86HRBで均一化されたもの。

写真左は、ブランク 前焼鈍なし、

写真右は前焼鈍あり

- ・前焼鈍なしでは、内径に大きな破断が発生した。外周に縞状の凹凸が発生した。
- ・前焼鈍ありでは、目標形状が成立した。品質は安定している。 ~成形荷重 70t~



開発品の追加確認

コスト算出したとおり、1チャック切削で成立するかを確認し、計画どおり成立した事を確認した。

写真左は切削後形状 ムク材からのバーマシンの全切削品

写真右は鍛造品 1チャック旋盤加工品



開発アイテム B 成果報告書

・予定開発形状図



〈実現した部品〉

【研究開発内容及び目標値】

- イ、カップ後方押し出し工法の研究をする。
- ロ、鍛造工程:1 工程
- ハ、形状: 外径φ 34、内径φ 26~32、全長 24、底厚 5
- ニ、平成 22 年度は、どの程度までの断面減少率が厳しいサンプルが製造可能か研究開発した。

開発アイテムBについてのまとめ

冷間鍛造での後方押し出し工法は、一般的で単純な形を作る方法ではあるが、通常の炭素鋼(S30C程)の断面減少率は75%が限界と文献には記載されていた。当社は、文献での限界を大幅に超えた89%までの製品を金型等工夫して、月あたり100万個までの生産をしていた実績があり、今回の開発行為において、限界を超えた領域での誰も検証していない、ものづくりにチャレンジしようと考え、断面減少率で58%から89%の製品を作ってみる事で、冷間鍛造の限界に挑むようにした。

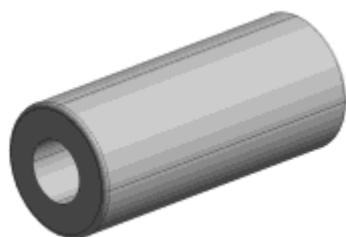
今後、より進むとされる自動車業界の軽量化などでの燃費向上策等の顧客要求に対応し、さらには投入重量削減によるコスト低減も図れる。

結果、最大断面減少率89%の製品まで成立することが確認できた。

開発アイテム A 同様の DEFORM によるシミュレーションを行った。

開発アイテム C 成果報告書

・開発アイテムCでの鍛造工法研究内容



〈実現した部品〉

【研究開発内容及び目標値】

イ、深穴貫通打ち抜き工法を研究開発する。

ロ、鍛造工程:1 工程

ハ、形状:外径φ 18、内径φ 8.5、全長 42 (L/D=4.94倍 ∴5 倍)

ニ、平成 22 年度にて、サンプル品が出来るよう研究開発した。

開発アイテムCについてのまとめ

板金プレス加工において、打ち抜きは極めて一般的な製法であるが、当社は冷間鍛造技術にて打ち抜きの分野でも厚いものを作っている。

既存技術においては、外径φ 31.4 内径φ 17 全長26、L/D 1.53倍 材質SCR420H(カーボン含有量0.2%)を量産化している。

今回の開発品は、L/Dが5倍になる形状となっている。

実績のある低カーボン製品のL/D=1.53倍に対して、開発品は5倍あり、SUJ2は難加工材のため、金型が直ぐに折れてしまい穴を空けることすら不可能かと思われ、開発には困難をきたす予測があったが、この深穴打ち抜きが成立すれば、コストや品質面で、優位性が高いと考え取組んだ。

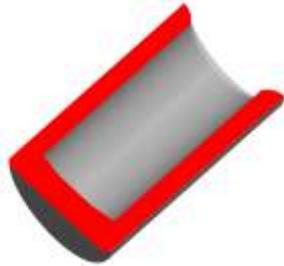
(L/D=全長÷内径で、この数値が高くなるほど、パンチにかかる負担は大きい。)
(どこまでが、製造限界なのかは文献を見たが掲載されておらず、打ち抜きでの解析ソフト算出では、金型許容耐圧値が3倍以上超えている数値を示していた。)

結果、L/D =5倍の製品は成立することが確認できた。

開発アイテム A 同様の DEFORM によるシミュレーションを行った。

開発アイテム E 成果報告書

・開発アイテムEでの鍛造工法研究内容



〈実現した部品〉

【研究開発内容及び目標値】

- イ、後方押し出し工法を研究開発する。
- ロ、鍛造工程:1 工程
- ハ、形状:外径φ 18、内径φ 13、全長 32 同軸度φ 0.1 以下 (L/D=2.46 倍)
- ニ、平成 23 年度にて、サンプル品が出来るよう研究開発した。

開発アイテムEについてのまとめ

この製品を開発するきっかけは、平成23年に顧客からのニーズにより実施。この部品の留意点は外径に対する内径の同軸度がφ 0.1以下規格であり、一般的な規格の半分での許容値を保証確立する必要がある。鍛造化によるメリットは下記3点が挙げられる。

鍛造メリット

- ①歩留まり向上 1ヶ当たり18g (28%)削減
- ②大量生産化が可能
- ③品質安定(径のバラツキ)

結果、2種類の金型構造でテストを行い、100ヶ連続成形し同軸度φ 0.04 が最大となり、規格φ 0.1 以下に対し、満足できる製品が出来た。

開発アイテム A 同様の DEFORM によるシミュレーションを行った。

②高炭素クロム軸受鋼材の焼きなまし条件の研究

高炭素クロム軸受鋼材の成形前の素材硬度は、金型の寿命や製品精度に影響を及ぼすため、適正なヒートパターンで焼きなましを行うための条件を探る。また、条件の研究と合わせて、適正熱処理専門メーカーでのテストを行う。

開発理由は、通常の焼きなましでは、90HRB 程度までしか下がらず、経験上冷間鍛造が可能と考えている 80HRB 前後まで、軟らかくする必要があった為。

平成 22 年度、平成 23 年度の全 20 回のテストにより、目標とした 80HRB には届かなかったが、82HRB 程度まで安定して軟らかくする事に成功し、5種類の開発アイテム冷間鍛造テストを行い、すべて製品化する事が出来、量産可能な焼きなまし条件を見極めたと判断する。今回、高炭素クロム軸受鋼の冷間鍛造技術開発の成立の鍵の一つであった。

熱処理前組織写真データ

所見・コメント

生材での脱炭層は見受けられない。生材段階での組織は良好 硬さは 93HRB だった。

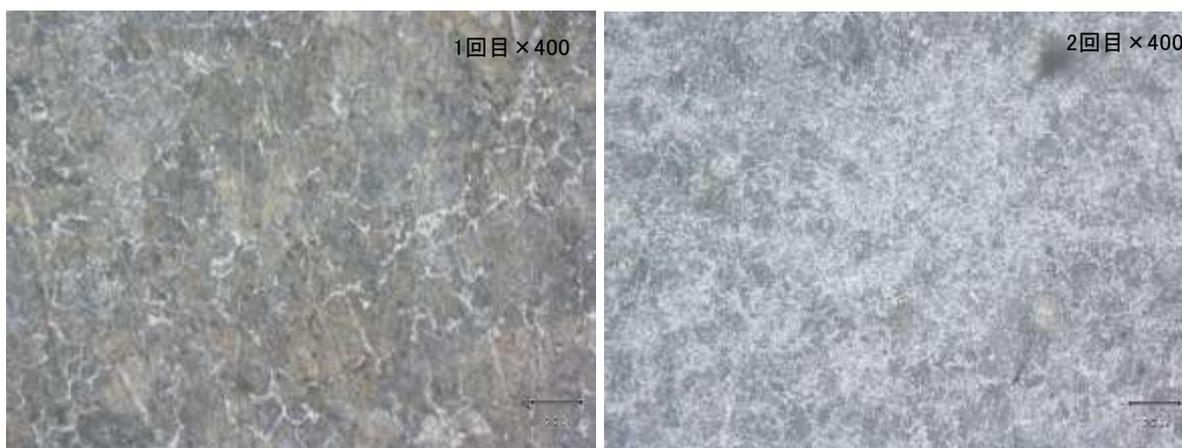


100µ

生材 脱炭確認

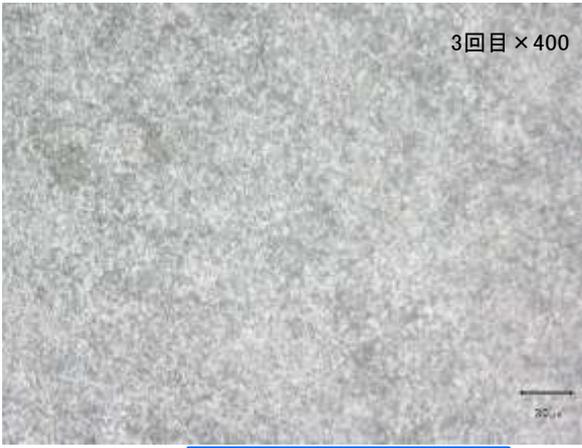
生材組織状態確認

焼鈍組織写真データ(熱処理後) トライ8回各1枚掲載



Ave90. 4HRB

Ave90. 1HRB



Ave84. 7HRB



Ave80. 0HRB



Ave82. 6HRB



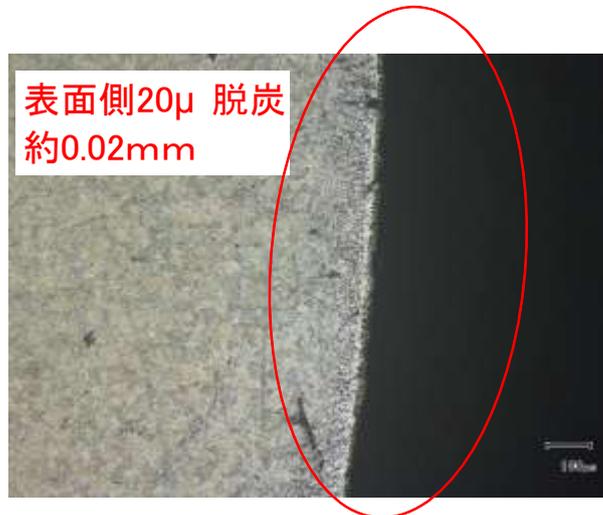
Ave84. 7HRB



Ave84. 3HRB



Ave82. 5HRB



焼鈍材 脱炭確認

所見・コメント 焼鈍による脱炭検査(x100 倍率) 約 0.02 mm の脱炭層を確認
規定 0.3mm 以下につき良好

③高炭素クロム軸受鋼に負けない金型材種及び表面処理の選定

開発にあたって、

- ・平成 22 年度実施した金型研究は、パンチ製造において、日本ではTOPメーカーのフジタ技研と今回協力をいただいている和田山精機の 2 社を選定した。高炭素クロム軸受鋼は、カーボン含有量が 1%あり、非常に硬く、変形抵抗値が高いため、冷間鍛造時の金型に対する圧力が高くなる。

事前に試算した高炭素クロム軸受鋼を素材とした金型に掛かる圧縮強度は金型材料メーカーが示した許容圧縮強度を超えてしまっていた。

No②焼鈍にて冷間鍛造が可能な領域まで、変形抵抗値を下げる事が出来れば、金型に必要な圧縮強度値は下がり、結果金型が耐えられると判断し、圧縮強度に優れた 3 社計 6 種類の超硬や PVD 処理を選定し、平成22年度にてテストした。その結果、計画していた3部品ともに形状は成立し成功した。

- ・平成 23 年度では、そのうち良好だった 2 種類の材質と新しい表面処理のテストを行った。

量産性を見極める為、平成 23 年度は開発アイテム A 型打ち 1(深穴打ち抜き)のパンチについて取り組み、テスト確認数は 4,000 ケ強 型打ち評価を実施した。

その結果、1種類で金型は破損せず、問題なく品質を得て量産化が出来うる金型の材質と表面処理の結果を得る事に成功した。

今後、量産化の暁にはさらなるテストを実施して、金型費の原価低減と品質保証面での安定化を図って行きたいと考えている。

- ・超硬とは、硬質の金属炭化物の粉末を焼結して作られる合金である。冷間鍛造のパンチなどには超硬合金も一部使われている。用途が多く種類は多岐に渡る。
- ・PVD 処理とは、物質の表面に薄膜を形成する蒸着法のひとつで、気相中で物質の表面に物理的手法により目的とする物質の薄膜を堆積する方法である。切削工具や各種金型への表面処理などに多く使われ、さまざまな種類がある。

④ニアネットシェイプ鍛造を実現する新たな鍛造工法の研究

開発アイテムD 成果報告書

・開発アイテムDでの鍛造工法研究内容



〈実現した部品〉

【研究開発内容及び目標値】

イ、リング材による据え込み工法と内径増肉工法の 研究開発をする。

ロ、鍛造工程:2工程

ハ、形状:外径2段 外径 1φ 80、外径 2φ 73、 全長 32

内径2段 内径 1φ 67、内径 2φ 58、 内径 1 長さ 10(両側)

ニ、開発テスト(サンプル製作)は、平成 23 年度に行った。

工程間形状の解析(CAE)や金型の開発とテストを行った。

・新しい鍛造工法の研究

今回の高度化目標として、低価格化製品を作り上げることが重要であり、切削レス化や局部的な切削 仕上げのみとする鍛造形状が必要になる。同技術を確立するためには、新たな鍛造工法や金型構造 が必要であり、研究開発する。ニアネットシェイプ鍛造を実現した。

開発アイテムDのまとめ

高炭素クロム軸受鋼(SUJ2)の用途として、ベアリングに用いられている。開発しようとする形状は外輪とプーリが一体型のものであり、現在はパイプ材から全切削にて加工している。全切削にあたって、外径にツバがあって、さらに内径も中央に突起が有るため、削り代が多い。冷間鍛造ではツバの形成や内径増肉工法があり、大幅な歩留まり削減効果が見込まれる。また、ファイバーフローも形成されるため、割れなどに優位性が高い。削り代が減り、歩留まり向上が図れればコスト競争力があると判断し、冷間鍛造にて開発する。ただし、SUJ2は冷間鍛造において、カーボン含有量1%と多いため、ツバ出しや増肉成形時欠陥が出る可能性があり、事前の解析が必須であり、解析結果に基づいた展開した。

結果、CAE 解析した結果とサンプルは類似し、成形荷重も想定内で加工することが出来、形状は成立した。

開発アイテムA 同様に DEFORM によるシミュレーションを行った。

⑤自動生産化及び検査機の研究

品質保証を加味した低価格での製品化を実現すべく、平成 22 年度開発したアイテム A について、2 工程ともに自動で生産し、かつ全数品質保証を図るためのインライン検査機を製造した。

開発背景として、高炭素クロム軸受鋼の冷間鍛造技術開発の付帯的研究開発ということで開発した。高炭素クロム軸受鋼の冷間鍛造技術事業化の推進には必要な工程である。

また、量産可能な体制を構築し、金型寿命の把握等も行った。

過去の冷間鍛造技術力と生産合理化の経験を活用して開発し、生産能力は、目標としていた時間あたり 1, 800 ヶをクリアしコスト競争力をつけることが出来た。

実現写真詳細



型打ちから全長、穴有無
確認装置へ流れ



全長、穴有無確認装置

自動型打ち及び全長、穴有無装置
全体写真



最終章 全体総括

■ 研究開発の概要及び成果

高炭素クロム軸受鋼部品(ベアリング)は、材質特有の硬さや形状から現在は切削加工により製品化しているものがある。本研究では今まで培った技術と新たなチャレンジを行うことで、高炭素クロム軸受鋼部品を冷間鍛造で製作する技術を開発しコスト削減を図る。

1. 従来技術と新開発技術との比較

従来技術の切削加工技術とは、工具と呼ばれる刃物で除去することにより、品物を要求の形状、精度に加工することで、切削加工に使用される機械を工作機械と呼ぶ。切削は大量の切削くずが発生したり、切削油を必要とし、いずれも、大量の金属くず処理、廃油処理など環境問題が発生する。

新技術の高炭素クロム軸受鋼を材料とした冷間鍛造は文献などにほとんど掲載されておらず、開発行為は未知の領域であった。本事業では、冷間鍛造技術を最大限に生かした高炭素クロム軸受鋼のニアネットシェイプ冷間鍛造品の開発を大学や金型メーカーと協力して行い、高精度で低価格な製品を実現させる。

2. 研究開発の成果

成果1 <焼鈍>

高炭素クロム軸受鋼(ベアリング鋼)は、炭素含有量が1%程度あり、炭化物であるセメンタイト(Fe_3C)が多い。セメンタイトは非常に強度が高くてもろいため、延性が低下し、変形抵抗値が高くなる。冷間鍛造の場合、一般的に焼鈍(焼きなまし)を行いセメンタイトを板状から球状化にして、延性を高めて変形抵抗値を下げる。高炭素クロム軸受鋼の適切な焼鈍条件を見つけることは、今回の高炭素クロム軸受鋼の冷間鍛造技術開発の成立の鍵の一つであった。全20回に及ぶ焼鈍テストにて、冷間鍛造が出来得る値までに安定して下げる事に成功し成果を得た。20回目の焼鈍テスト結果の組織写真で球状化率は極めて良好であった。

成果2 <解析>

冷間鍛造にて変形させることに対して、材料の延性が高ければトラブルは少ないが、今回の材料は延性が低い為、特に製品欠陥や金型破損が懸念される。その方策としてCAE(解析シミュレーション)ソフトを活用して最適な工程間形状を導き出すことや金型最大主応力解析結果に配慮した金型を設計し短期間に開発を進めた。

実施に当たっては静岡大学のアドバイスで DEFORM による解析を行い、無事製品化出来た。また、製品化したものとシミュレーション結果が一致した収穫は大きいと考える。

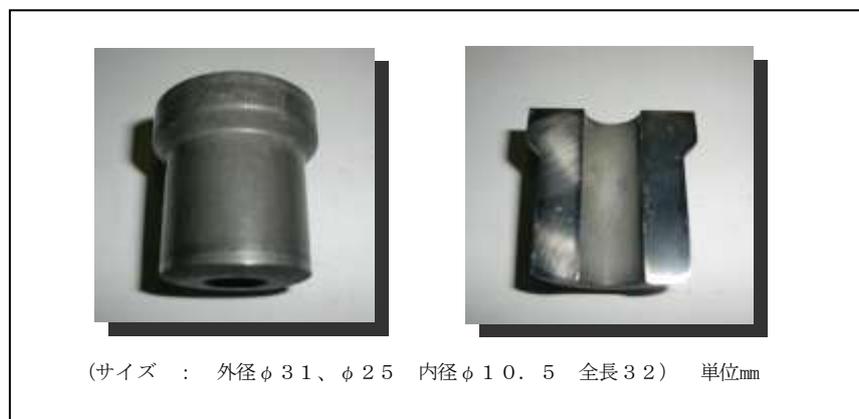
成果3<サンプル製作>

成果1、成果2を踏まえて、冷間鍛造にて5アイテムの形状開発を実施し成功した。

■開発された製品・技術のスペック

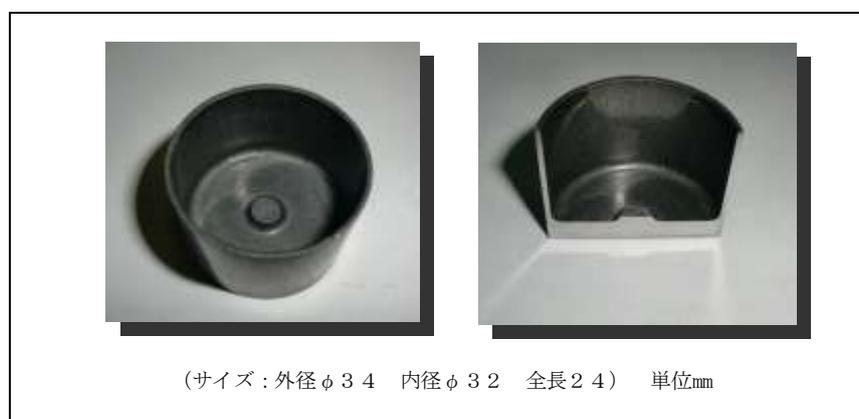
1、外径段付き、内径ストレート形状

この製品は鍛造2工程にて開発。内径切削レス化などの改善を行った。



2、コップ形状1

この製品は鍛造1工程にて開発。後方押し出し工法による断面減少率が89%の製品。



3、筒形状

この製品は鍛造1工程にて開発。全長と内径のL/Dは5倍の製品。



4、リング形状

この製品は鍛造2工程にて開発。

ニアネットシェイプ鍛造を試みた。

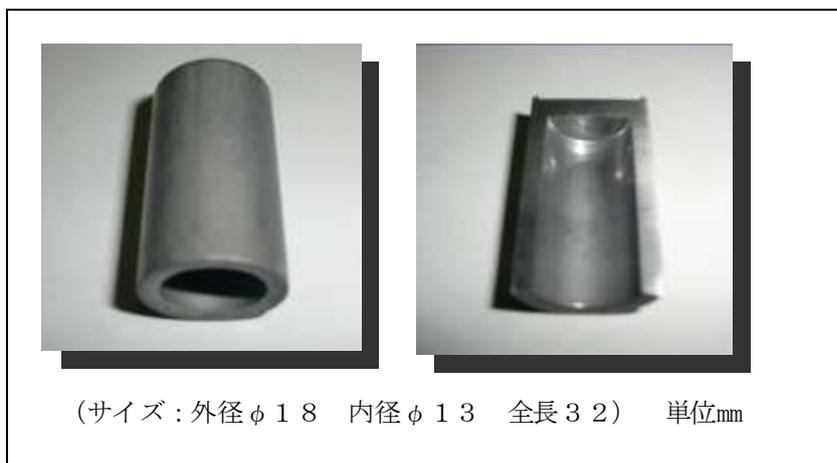
CAE解析を実施し、解析結果に基づいた工程間形状で開発を進め、解析どおりの成形が出来た。



5、コップ形状2

この製品は鍛造1工程にて開発。

外径に対する内径の同軸度φ 0.1以下の製品。



それぞれ将来、量産を想定し開発したものであるが、さらなる金型の材質、表面処理の選定など研究を重ね、同時に当社におけるCAE技術向上を図り、量産化・事業化に繋げていく。

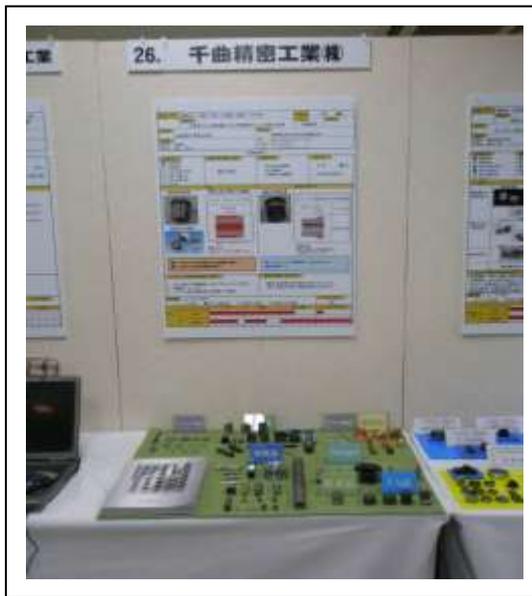
具体的な事業化

事業化は平成 24 年秋を目指している。自社ホームページにこれらの技術情報、試作部品など掲載し PR を予定している。

- ・既存取引先に対し「高炭素クロム軸受鋼の冷間鍛造による開発部品」を紹介する。
取引先の予想される対象部品の引き合いを得るべく交渉する。

新規取引先の開拓

岡谷鋼機株式会社の客先展示会 日本特殊陶業株式会社の展示会に SUJ2 部品の出品



参考文献

わかりやすい鍛造加工 日本塑性加工学会鍛造分科会

精密鍛造 日本塑性加工学会鍛造分科会

小坂田 宏造 (著), 小野 宗憲 (著), 森下 弘一 (著), 安藤 弘行 (著), 石川 孝司 (著)