

平成15年度地域新生コンソーシアム研究開発事業

「ナノ結晶制御による強度・靱性を向上させた締結部材の開発」

成果報告書

平成16年 3月

委託者 中国経済産業局

委託先 財団法人 中国技術振興センター

プロジェクト名	ナノ結晶制御による強度・靱性を向上させた締結部材の開発
研究背景 研究目的 及び目標	<p>我が国におけるプラント用部品の年間メンテナンス費用は、約 16 兆円にのぼると言われており、破損の主因は、疲労強度不足、耐強度・耐靱性不足、耐食性不足等である。これらプラント用機械材料の高信頼性化は、安全のみならず、エネルギー資源の節減にも繋がり、緊急を要する工業界全体の課題である。</p> <p>一般に、鉄鋼材料において、強度の上昇は靱性の劣化を伴うが、結晶粒の微細化は唯一この両特性を共に向上させる手段であると云われている。一方、強度の上昇は結晶粒の微細化により達成できるという「Hall - Petch の関係式」が広く知られているが、この関係式は結晶粒径がmmからμmオーダーの範囲で経験的に認められているものであり、nmオーダーの微細組織範囲では未確認であった。</p> <p>提案者らは先の「スーパーメタルの技術開発」において、12%Cr 鋼ベースではあるが、メカニカルアロイング (MA) 法と超微細分散粒子の調整・制御により、100nmレベルの組織創製技術を開発し、既存材の数倍以上の強度と、著しい靱性向上が共に達成できることを実証した。また、疲労特性、耐食性にも優れ、機械構造材として、極めて優れた高信頼性素材となりうる可能性があることも明らかにした。</p> <p>本研究開発事業では上記のシーズ技術を応用発展させ、化学成分の検討範囲を実用材組成、即ち、圧力容器用として 2・1/4Cr 系、化学プラント部材用として 25Cr 系、交通・運輸部材用として 13Cr-8Ni-Mo 系に焦点を合わせ、MA 法と超微粒子分散技術を適用して、高強度、高靱性、高耐疲労性、高耐食等の特性を有する、数 10kg オーダーのバルク材製造技術を開発する。</p> <p>特に、本事業では高性能・高信頼性が強く要求されるプラント分野（例えば圧力容器、化学・発電分野、交通・運輸分野 など）で用いられる高付加価値材料をターゲットとする。作製されたバルク材はその特性を損なわないように、機械工学的および金属組織学的な検討により、高強度 - 高靱性を有し、かつ耐疲労・耐食性・耐磨耗性に優れる機械構造部品に加工される。本事業で対象とする最終製品は、長寿命・高信頼性を有するボルト・ナットなどの締結部品（高付加価値材料）である。</p> <p>本研究開発事業の目的は各種組成のナノ結晶鉄鋼材料を製造し、かつ実用サイズの製品へ加工するための加工技術の開発を行い、ナノテク素材の早期実用化を促進させることにある。</p>
成果概要	<p>本研究開発により、次のような成果を得ることができた。</p> <p>(1-1) 圧力容器部材用として、Fe-2.25Cr-Mo-Zr の組成を選択した。</p> <p>(1-2) 金属組織学的には、偏析挙動もなく、組織はバラツキも無く安定しており、結晶粒も 200nm レベルの大きさで目標を達成している。また物性値としても、強度(1200MPa)、靱性(2MJ/m²)、疲れ強さ(従来材の 10 倍)の目標を達成しており、次年度は、事業化を念頭とする大型押出材でも同様のデータを得るための条件確立が課題となる。</p> <p>(1-3) 本開発材で作製したボルト材は、比較材である SNB16 ボルトに対し、2 倍の強度を示した。この際の製造条件は、比較材と同様の切削工具の使用で、可能である。次年度はさらに加工時間短縮のための条件の洗い出しに努める。</p>

(2-1)化学プラント部材として、Fe-25Cr-Zr の組成を選択した。

(2-2)開発材は金属組織学的には、偏析挙動もなく、組織はバラツキも無く安定しており、結晶粒も 200nm レベルの大きさで目標を達成している。物性値としては、強度(1200MPa)、靱性(2MJ/m²)、疲れ強さ(従来材の 10 倍)の目標に対し、引張強さ、疲れ強さは目標を達成したが、靱性は未達である。引張強さが大幅に過達であることから、次年度は、熱処理による焼き鈍しにより、引張強さを調整しながら靱性を向上させる技術検討を行う必要がある。この熱処理技術検討が次年度の課題となる。

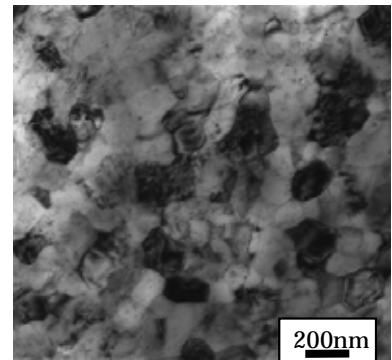
(3-1)運輸交通部材用として、Fe-13Cr-8Ni-2Mo-Zr の組成を選択した。

(3-2)開発材も Fe-25Cr-Zr 材同様に、金属組織学的には、偏析挙動もなく、組織はバラツキも無く安定しており、結晶粒も 200nm レベルの大きさで目標を達成している。物性値としては、強度(1200MPa)、靱性(2MJ/m²)、疲れ強さ(従来材の 10 倍)の目標に対し、引張強さ、疲れ強さは目標を達成したが、靱性は未達である。引張強さが大幅に過達であることから、次年度は、熱処理による焼き鈍しにより、引張強さを調整しながら靱性を向上させる技術検討を行う必要がある。この熱処理技術検討が次年度の課題となる。

(3-3)本開発材で製造したボルトは、比較材である SAE8740 鋼に比べ、同等以上の強度と疲れ強さが得られた。この際の製造条件は、比較材が冷間転造であるのに対し、本開発材は硬さのために熱間転造とせざるを得なかった。次年度はさらに量産化のための加工条件の洗い出しに努める。



写真：引張試験時の製造ボルト



写真：ナノ結晶(TEM)

本研究により、前述のような研究成果物を得ることができたが、これについては、今後、次のとおり市場展開を行う。

1 項の圧力容器部材用、3 項の運輸交通部材用の締結部材を中心に、市場調査を拡大しながら、初年度、年産 2 ト、目標コスト 5000 円/kg を前提として、事業化の環境条件整備を検討・展開して行く。

連絡窓口

財団法人 中国技術振興センター (担当;野坂)

連絡先 tel 082-249-6720 fax 082-249-2770

株式会社 超高温材料研究所 (担当;松村・住友)

連絡先 tel 0836-51-7160 fax 0836-51-7165