

金属系素材の新加工技術 ～WC-Co系超硬合金の焼結加工技術～

鎌田 公一*、吉田 敏裕**、佐々木 稔明***
岩手県工業試験場 機械金属部

New Processing Technique for Metallic Materials ～Sintering Technique of WC-Co system Cemented Carbide～

KAMADA Koichi*, YOSHIDA Toshihiro**, SASAKI Toshiaki***

WC-Co系超硬合金の最適製造条件の確立を目的に、超硬合金粉末を加圧成形後焼結条件を各種変化させ、寸法精度、機械的性質への影響について検討した。

その結果、今回最も低温・短時間処理である焼結温度1623K-0.6ks保持の条件で既にJIS規格を十分満足する硬度、抗折力を示したものの、この条件でのミクロ組織は粉末間拡散・結合も不十分で未焼結部分が多数確認された。このことから、十分な機械的性質を有し良好な焼結組織を得るためには、焼結温度1623Kで1.8ks保持、1653Kで0.6ks保持の条件で製造可能であることがわかった。

キーワード：超硬合金 焼結加工 硬度 抗折力

1. 緒言

超硬合金は優れた硬度や高温強さにより、切削工具や金型用材料など高硬度・耐摩耗機械部品用材料として広く利用されている焼結超硬材料の1つである。特に近年は原料粉末の微粉化技術や微量添加元素による組織の微細化¹⁾などにより、硬度とともに耐欠損性など特性の向上が図られ、用途はさらに拡大しようとしている。

一方、この合金の原料はWやCoといった希少資源で、焼結加工も鉄系焼結材料とは異なり、高温・高真空中での処理となり、さらに焼結後の機械加工も難削材であるため専用の設備などが必要となることから最終製品になるまでの製造コストは非常に高いものとなる。このことから、ユーザーからは低価格化の要望が強く、各製造工程でのコストの削減に迫られている現状にある。

そこで、本研究では超硬合金の最適製造条件の確立と製造コストの低減を目的に、焼結条件の寸法精度、機械的性質への影響について検討を行った。

2. 実験方法

本研究で使用した原料粉末は、特殊超硬工具の製造・販売を行っているデアロイ工業株式会社仕様のもので化

学組成はWC-8 wt%CoとJIS (H5501) のG3に相当し、平均粒径は $2.4\mu\text{m}$ と一般的な超硬合金用原料粉末である。粉末は成形性及び金型への充填性向上のため、2 wt%のパラフィンにて造粒されている。図1は供試粉末のSEM像である。原料粉末がパラフィンを粘結剤にして凝集し $10\sim 20\mu\text{m}$ 程度に造粒されていることがわかる。

図2は本実験のフローチャートである。造粒された粉末は成形圧力147MPaにて金型成形し圧粉体とした。圧粉体は、真空下(2 Pa以下)で、昇温速度137K/ks、冷却速度を1073~773 K間で136K/ksの炉冷とし、焼結温度を1623K、1653Kの2条件、保持時間を0.6~3.6ksの範囲で3条件変化させ焼結加工した。図3にその焼結条件を示す。なお、本来の製造工程では添加したパラフィン等の粘結剤除去のための仮焼結と、本焼結後での機械加工を最小限に抑えるための仮加工が行われるが、今回の圧粉体は抗折試験片形状にしたためこれらの工程は省略した。

各々の条件で得られた焼結体について焼結密度及び寸法変化率を測定後、平面研削加工し硬さ試験、抗折試験ならびに電子顕微鏡による組織観察を行った。

* 岩手県工業技術センター 金属材料部 岩手県盛岡市飯岡新田3-35-2
** 岩手県工業技術センター 化学部 岩手県盛岡市飯岡新田3-35-2
*** (株)テツニックス 岩手県釜石市甲子町10-497-1

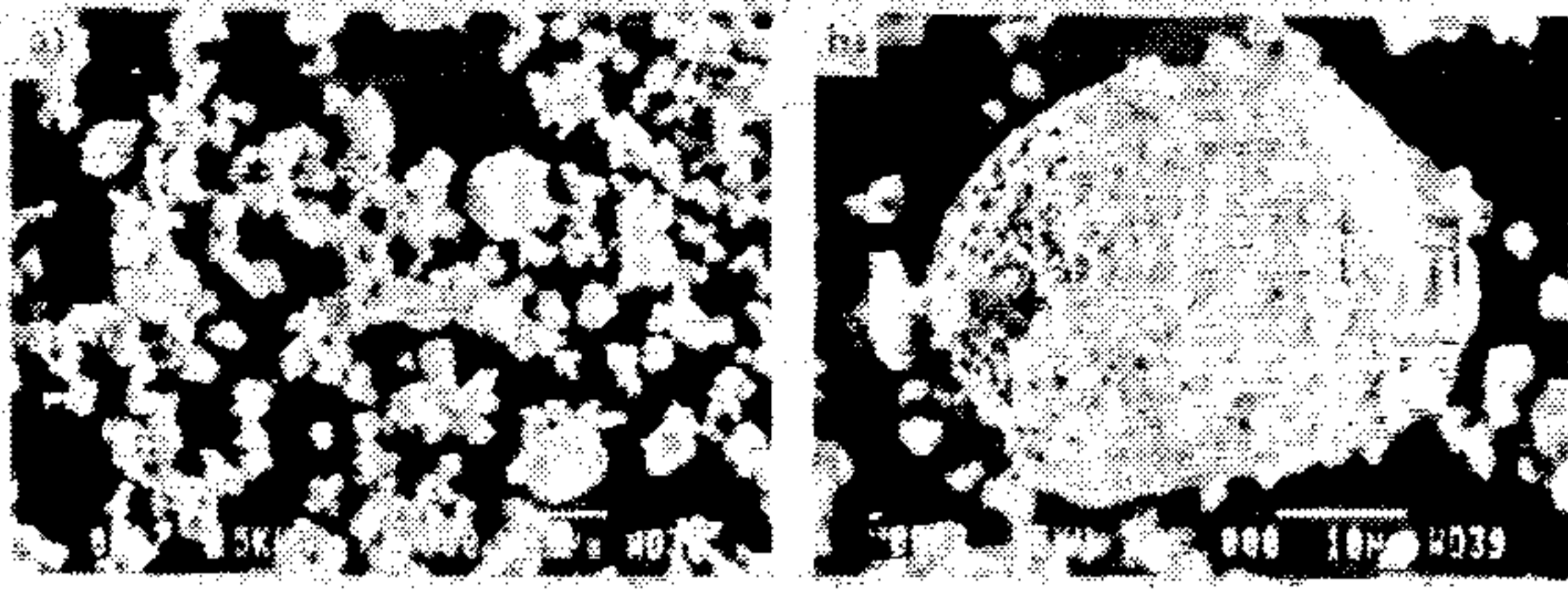


図1 原料粉末のSEM像

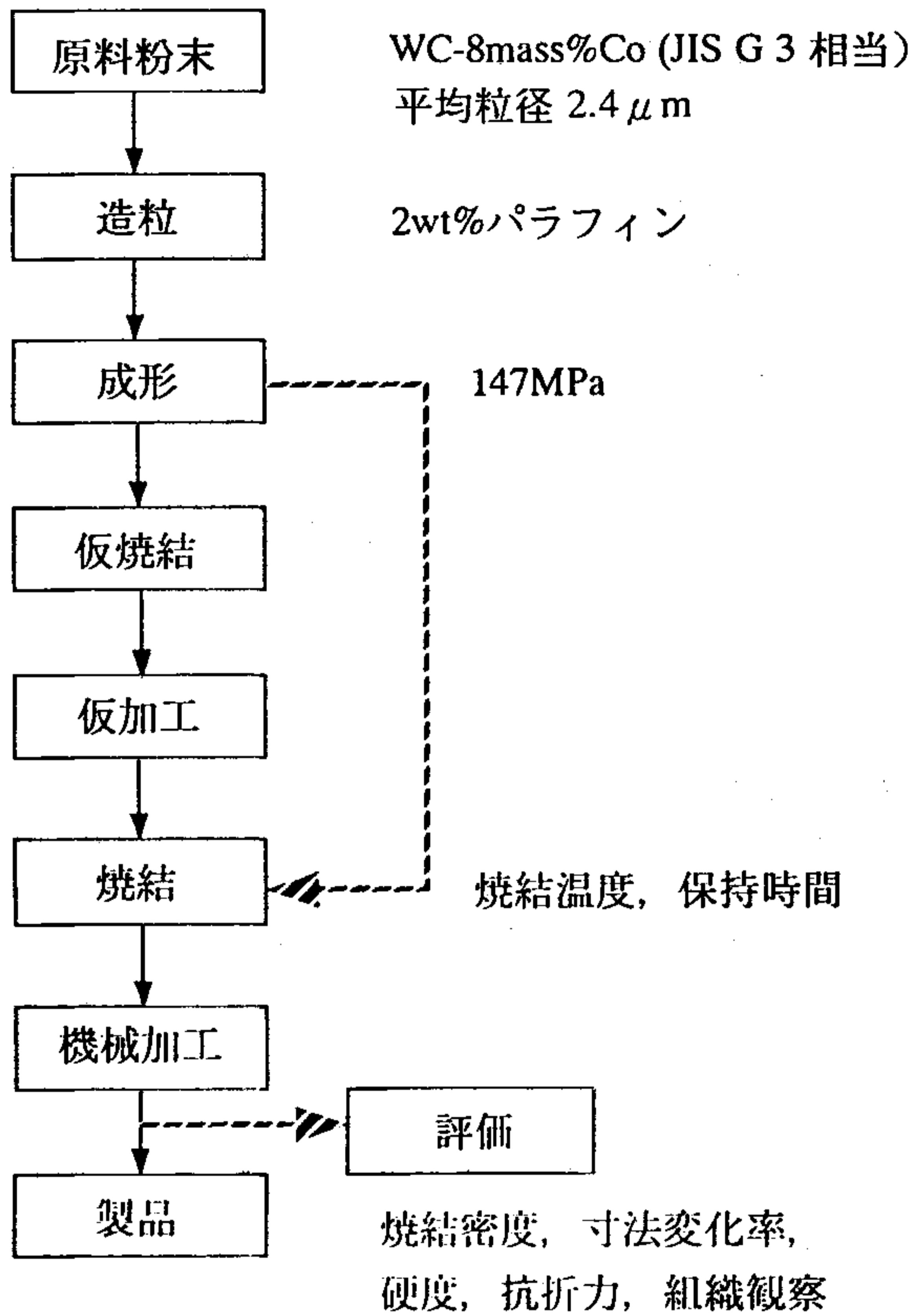


図2 本実験のフローチャート

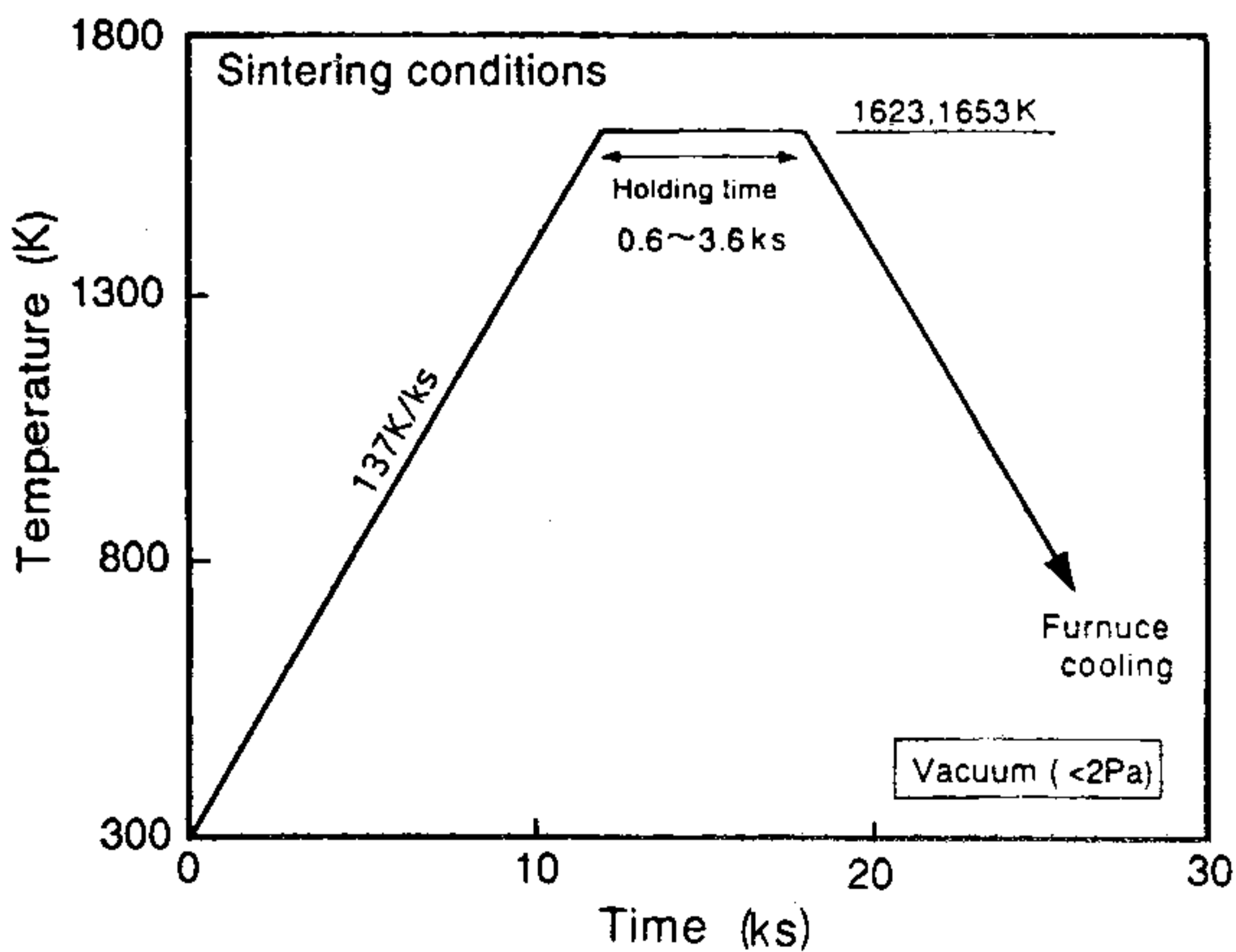


図3 本実験の焼結条件

3. 実験結果および考察

図4は焼結体の相対密度と保持時間の関係を示したものである。いずれの条件でも相対密度は96%前後を示し、ほとんど差は見られない。図5は圧粉体を100としたときの焼結体の寸法変化率をみたものである。ここで、成形の軸方向を厚さ、垂直方向を幅とした。厚さ方向で約19%、幅方向で約18%収縮し、全般に厚さ方向の方が大きな収縮率を示した。また、いずれの焼結条件でも収縮率はほとんど変わらず、これは焼結密度によく対応する。

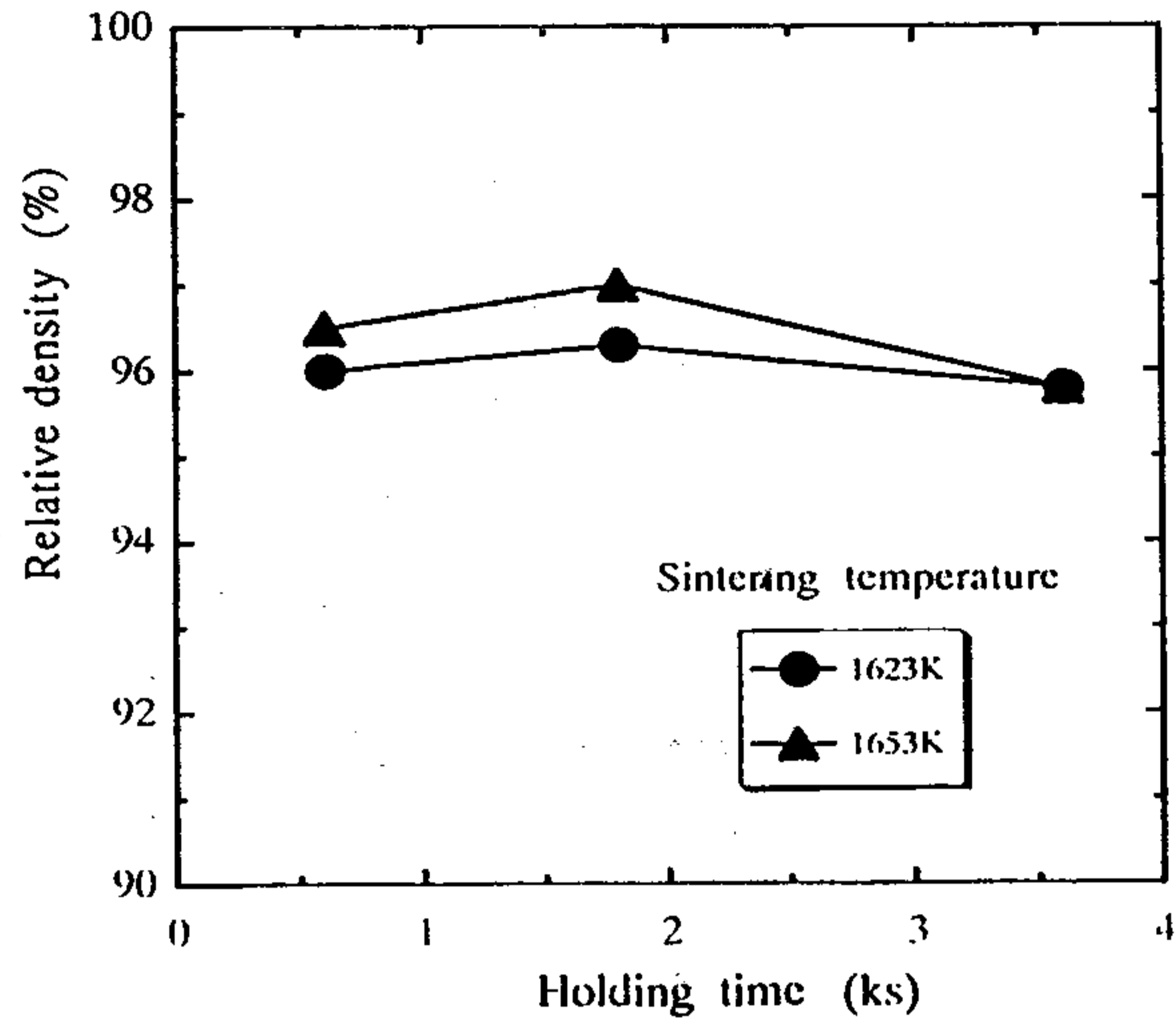


図4 焼結密度と保持時間の関係

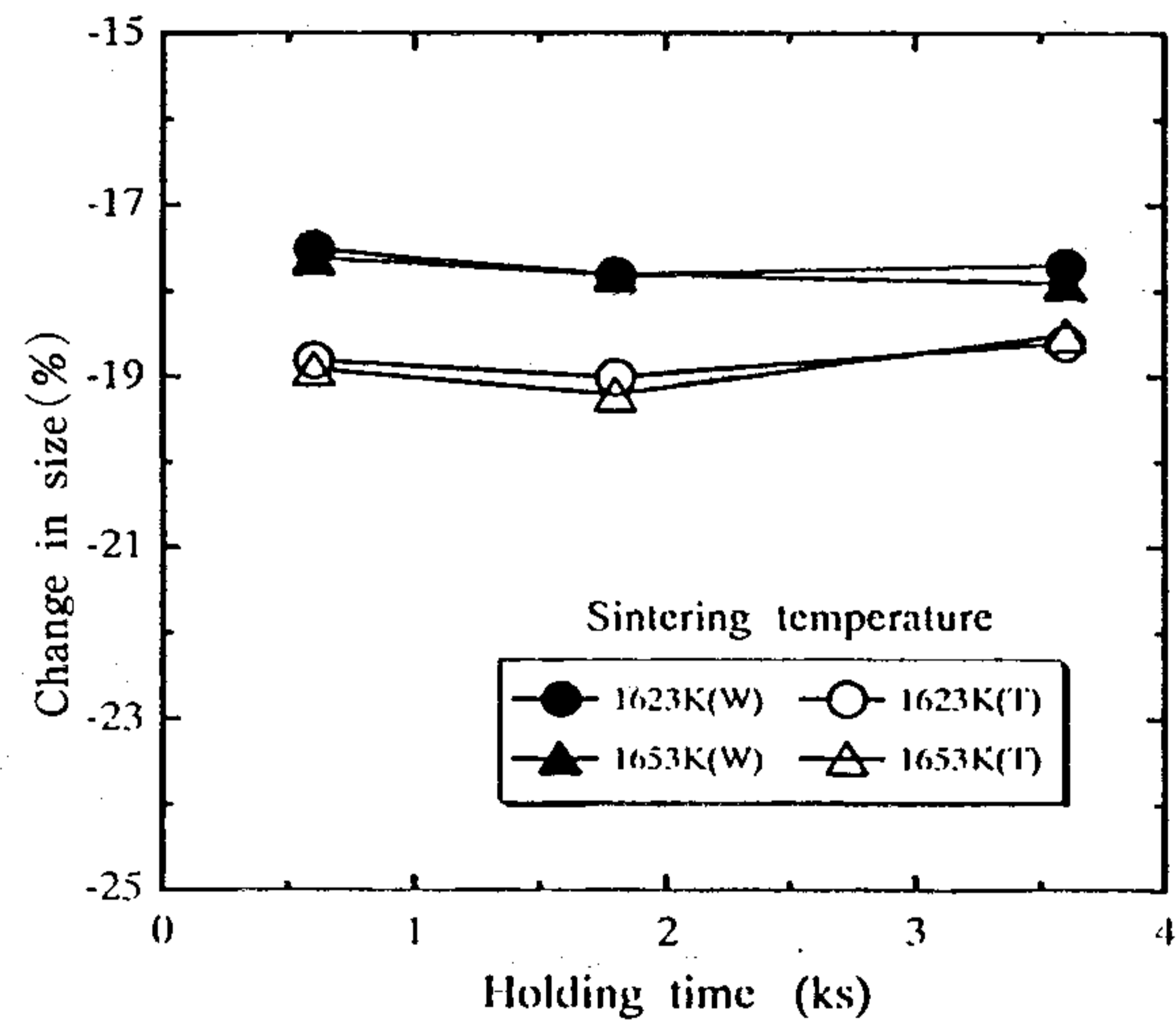


図5 寸法変化率と保持時間の関係

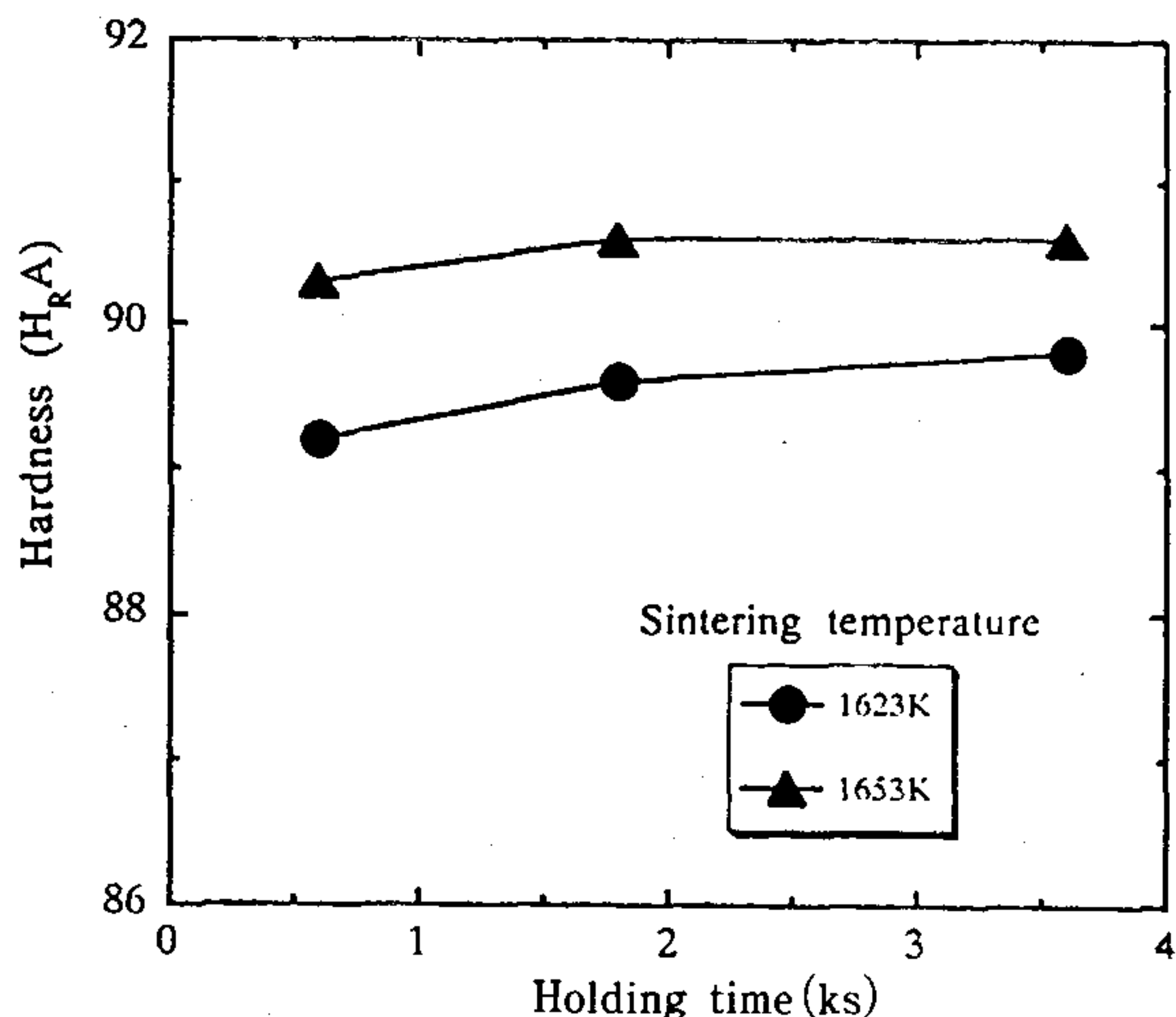


図6 硬さと保持時間の関係

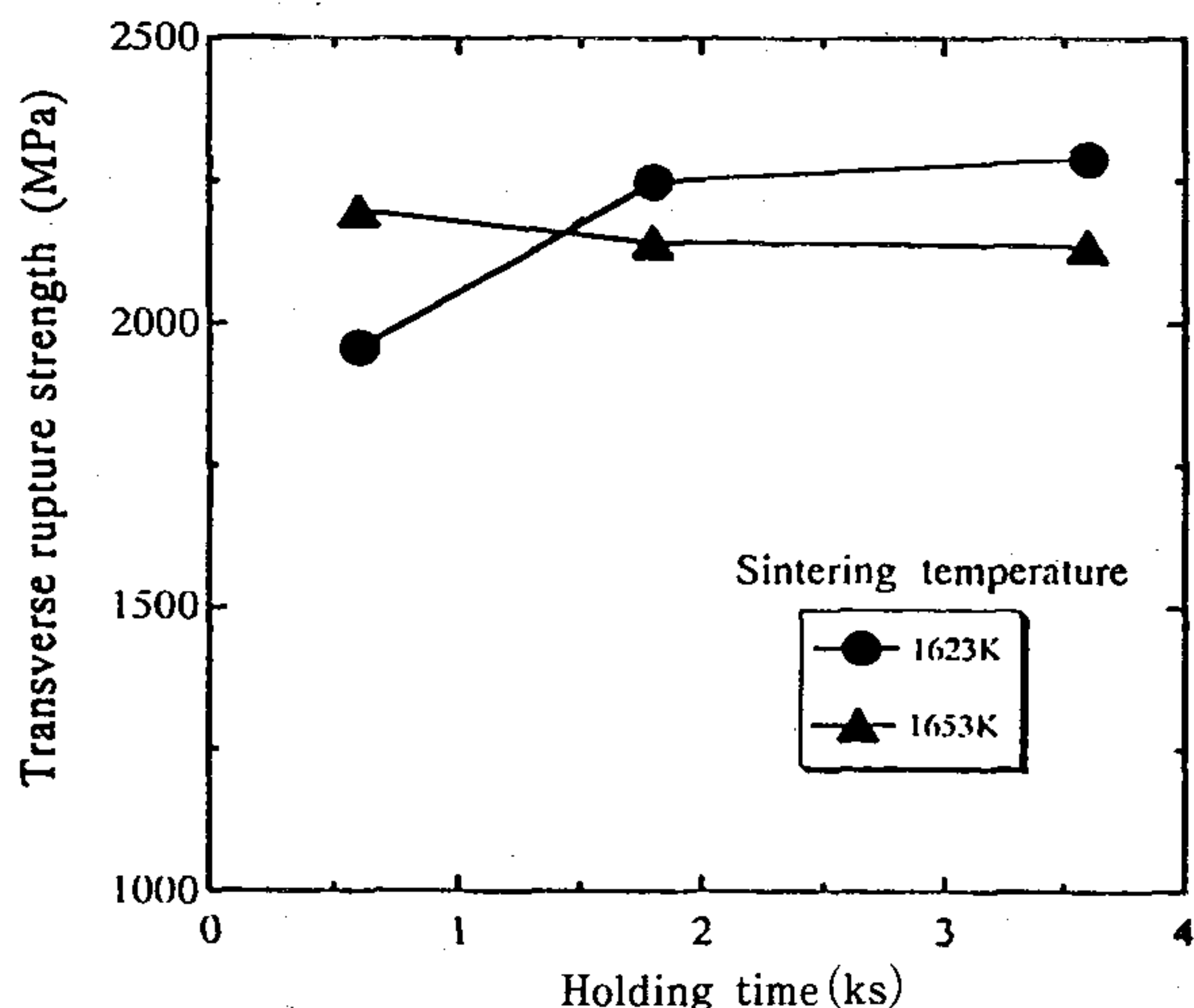


図7 抗折力と保持時間の関係

次に機械的性質について検討した結果を示す。図6は常温での硬さ試験の結果である。焼結温度が高いほど、また保持時間が長いほど高硬度を示す。一般にCo量が一定のとき、硬さは結晶粒が微細なものほど大となる傾向にあり¹⁾、焼結条件の高温・長時間化はWC粒子を粗大化させ硬さは低下する。これに対し本実験で逆に硬さが上昇したのは、焼結温度が従来の工程に比べ低い範囲であることから、硬さの低いものはまだ焼結が十分進んでいない未焼結部分を含む組織であり、温度・時間の増加により未焼結部の消失し、硬さが上昇したと考える。また、JIS規格では89H_RA以上となっており、本実験のいずれの条件とも規格を満足する。

図7は各条件での抗折試験の結果である。温度1623K、0.6ks保持の条件で若干低い値となるが、それ以外ではいずれも2000MPa以上の抗折力を示し、すべての条件でJIS規格の1375MPaを大きく上回る結果となった。

図8は焼結温度1623Kにおける各保持時間でのSEM写真である。a)の0.6ks保持のものは原料粉末のままの形態を呈した未焼結部分が確認され、この部分は機械的性質を悪化させることから、前述の硬さおよび抗折試験の結果とよく対応することがわかる。また、保持時間の増加とともにこれら未焼結部分は減少し、3.6ks保持では一部WC粒子の成長も認められる。

図9は焼結温度1653Kでの同様の写真である。焼結温度が30K上昇したことで未焼結部分はかなり減少し、WC粒子の成長はあまりみられないものの、既に0.6ks保持の段階でほとんど未焼結部分は確認されない。1.8ksではWC粒子間で拡散が部分的に進行し、3.6ksではさらに拡散が進みWC粒子の成長とともに粒径の均一化が確認される。WC粒成長による粗粒化は高温硬さやクリープ強さには有効であるものの、常温硬さや破壊強さの低下を招く^{2),3)}ため、必要以上の成長は避ける必要

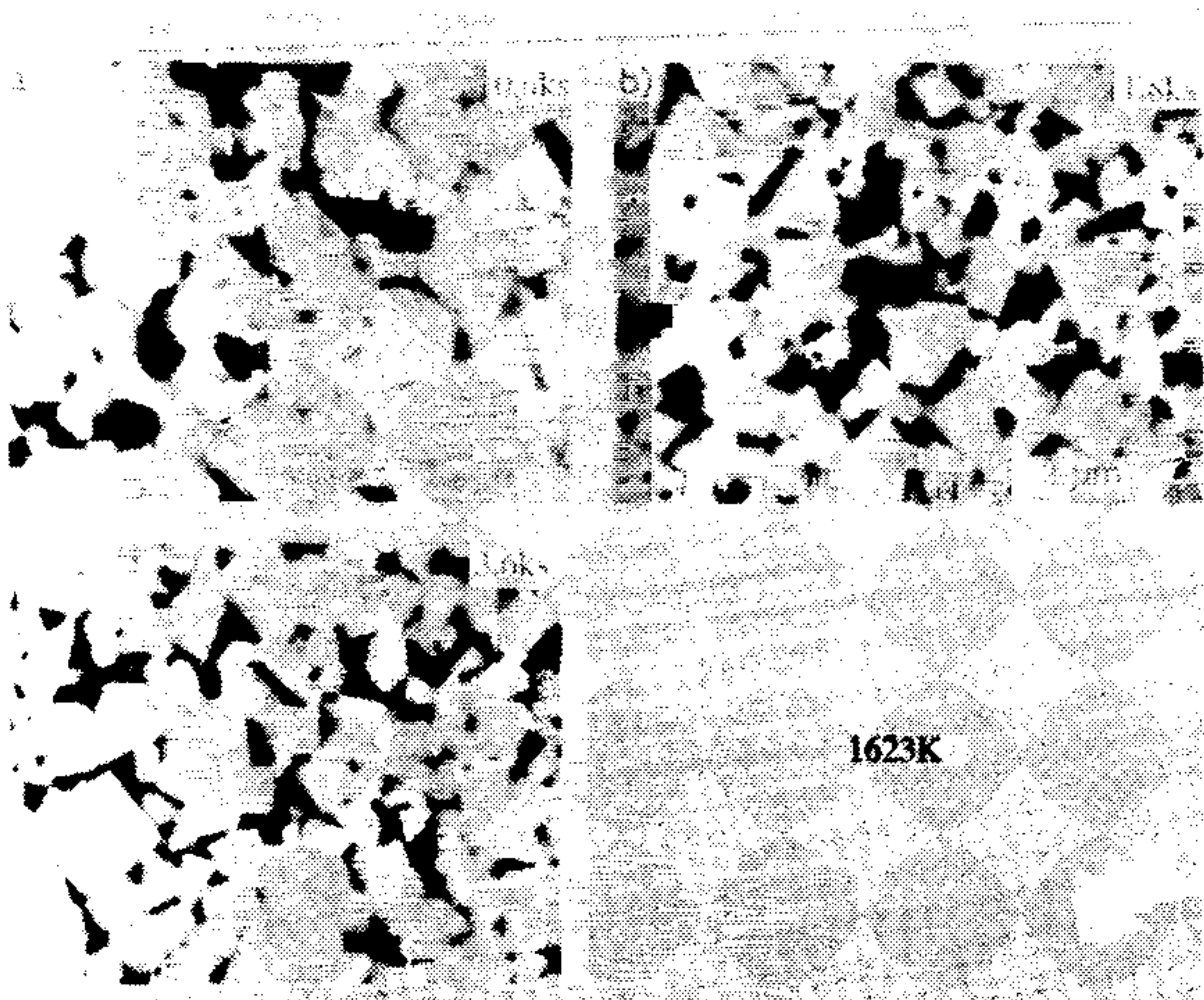


図8 各保持時間での組織のSEM像 (1623K)

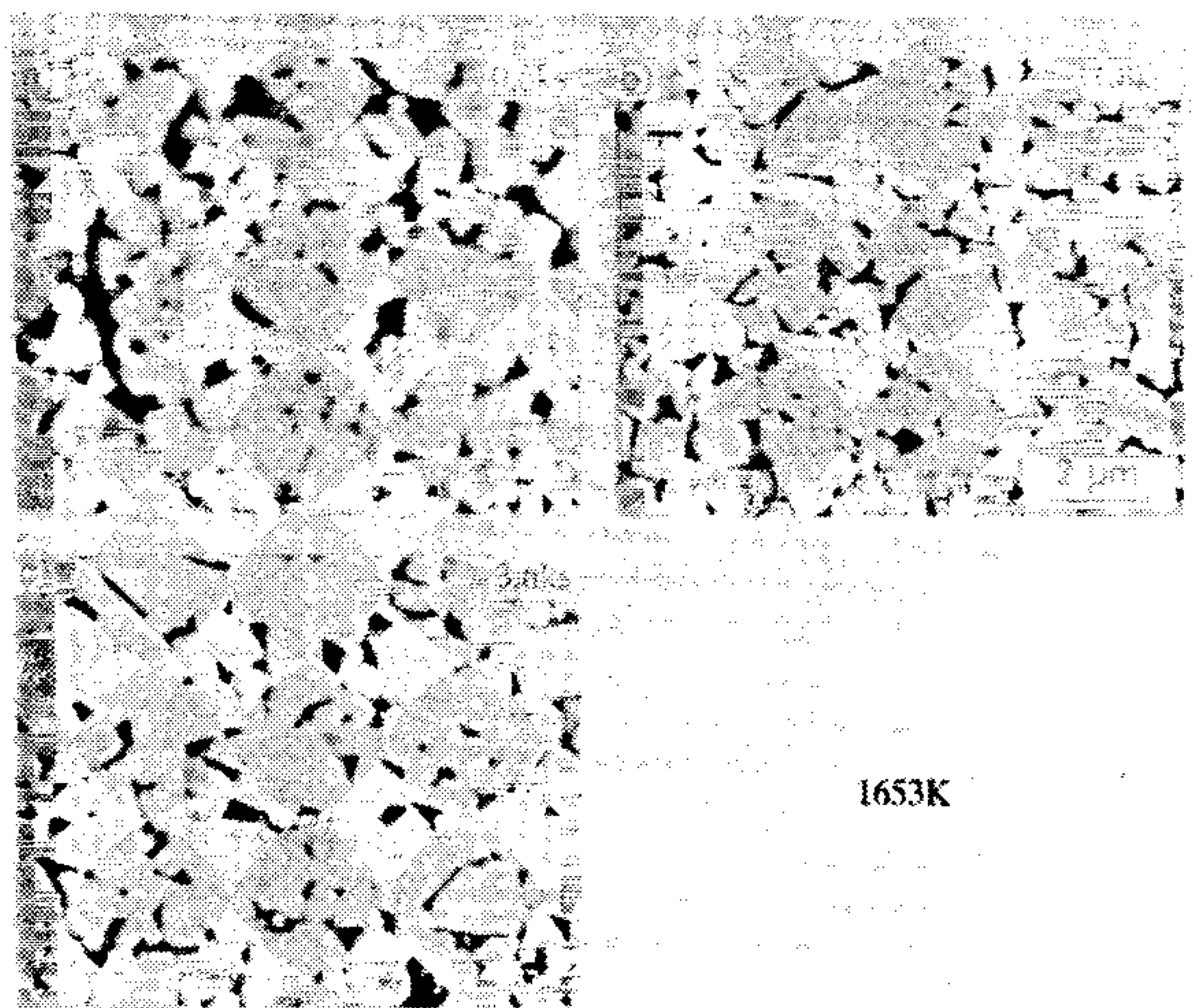


図9 各保持時間での組織のSEM像 (1653K)

がある。さらに、供試粉末には焼結時の粒成長を抑制するために有効なVCやCr₃C₂など¹⁾の添加もないことから、これ以上の高温・長時間焼結加工はかえって特性を低下させるものと考えられる。

4. 結 言

WC-Co系超硬合金の寸法精度ならびに機械的性質に及ぼす焼結温度、保持時間の影響について検討した結果、以下の結論を得た。

- (1) 本実験の焼結条件において焼結密度、寸法変化率はほとんど変化なく、焼結相対密度は96%前後、寸法変化率は幅方向で-19%、厚さ方向で-18%となる。
- (2) 機械的性質はいずれの焼結条件でもJIS規格（硬さ89H_RA以上、抗折力1375PMa以上）を満足する値を示す。しかし、焼結温度1623K、0.6ks保持の場合、規格は満足するものの組織に未焼結部分が多数確認され、抗折力も他の条件に比べ低い傾向にあった。
- (3) 機械的性質ならびに組織観察より、本研究の供試粉末では焼結条件を1623K-1.8ks保持または1653K-0.6ks保持まで温度・時間を低減させても、十分JIS規格を満足する合金が得られることがわかった。

本研究は技術パイオニア養成事業の一環として実施したものである。

参考文献

- 1) 若林、渡辺：新版粉末冶金、技術書院
- 2) 日本金属学会編：金属便覧改訂5版
- 3) 庄司、永井、秋山：粉末冶金概論、共立出版