

(様式第7号)

「仙台市放射光施設活用事例創出事業（トライアルユース事業）」 成果報告書詳細

1 課題名

高分解能 X 線 CT による刃物の刃先先端部分の解析・評価

2 測定にあたっての体制（社外委託先を含め記載）

高輝度光科学研究センター 利用推進部 参事 八木 直人氏	.. 相談・測定・解析等
高輝度光科学研究センター 安田 伸広氏	.. 回折測定
東北大学 真木 祥千子氏	.. 相談
技術顧問(元仙台高専副校長) 池田 千里氏	.. 技術指導・解析
仙台高専 熊谷 進氏	.. 技術指導・相談

3 背景と測定目的

○背景

大正 14 年、金属学の世界的権威であった本多光太郎先生の提唱のもと東洋刃物(株)は設立され、以来 90 余年の間、産学連携の草分け的存在として工業用刃物を主要とした金属製品を提供してきました。

近年では、東北大学名誉教授であります須藤一先生より、合金鋼等の新素材開発や冶金学を中心としたご指導をいただき、金属加工技術の向上に努めて参りました。

しかし、昨今では被切断物の多様化は加速度を上げて増加し、これまで培ってきた経験・技術・技能だけでは日々増える様々な事例に対して、対応が難しい状況になってきております。

○目的

多様・複雑化するニーズに対応するため、刃物は被切断物とファーストコンタクトする刃先先端が材質特性の十分に活かされた鋭利な先端であることを理想とします。

しかし、研削加工された刃先先端には塑性流動化したバリが生成されます。そのバリの抑制・除去の方法を確立するため、試行錯誤を繰り返しておりますが最良な条件の検証ができずに今日に至っております。

従って、その検証を行うため、放射光を利用した X 線回折で構造を解析し、刃先先端のバリと刃先の違いを把握することで、流動層が除去された刃先先端の精密加工技術の確立を目指します。

4 測定方法（測定手法、測定セットアップ、使用ビームラインなど）

測定の目的(刃物づくりでの困りごと)

刃先先端発生するバリ

- 機械で研削すると必ずノコギリのような形状のバリが生成される。
- このバリが残っていると被切断物の切断面に悪影響を及ぼす。

↓

しかし、その組織や硬さ・強度は小さすぎてよく判っていない。

「こんなことが解れば今後の刃物づくりに活かせる。」
刃先を研削加工する際に生じたバリの構造を解析

- ① 芯部とバリに違いがあるか。
- ② バリの除去方法の違いを可視化。

測定手法 … マイクロビームX線回折

測定セットアップ

- 物質 … 工業用高速度鋼丸刃断片
- 形態(形状) … 固体(10 mm×10 mm)
- サンプル品について

ナイフ製作工程 材料切断工程 → 成形工程 → 熱処理工程 → 研削工程 → 検査工程

サンプル A・C 熱処理工程 … 焼入 → 焼戻

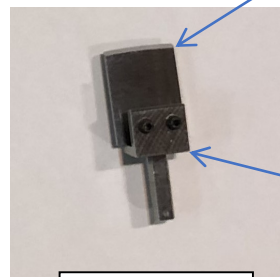
サンプル B 研削工程 … 内径 → 厚み → 刃付け → バリ取り

工程	サンプル番号	材質	備考
焼入直後	A	SKH2	残留オーステナイト比較用
バリ取り機	B	SKH2	標準品
焼入直後	C	SKH51	残留オーステナイト材質違い比較用

サンプル品の種類



サンプル A



サンプル B

サンプル
(上部が刃先)

専用ホルダー

測定試料(専用フォルダ装着後)

□ 代表的な熱処理と硬さ

材料記号	熱処理温度 °C		焼入焼戻し硬度 HRC
	焼入れ	焼戻し	
SKH2	1260油冷	560空冷	63以上

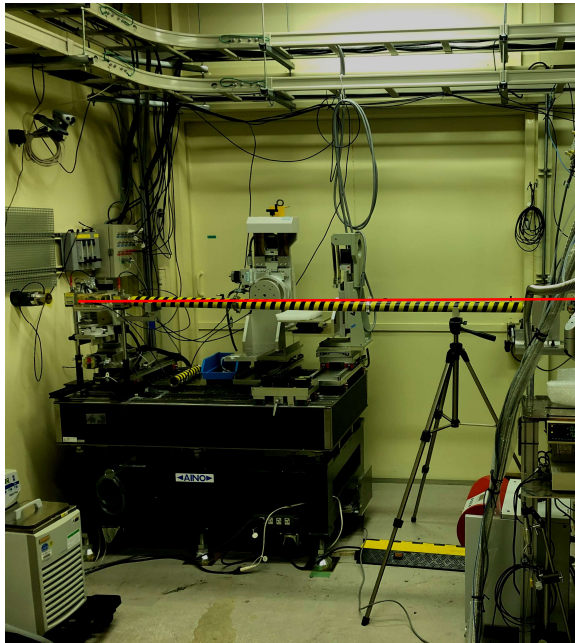
材料記号	熱処理温度 °C		焼入焼戻し硬度 HRC
	焼入れ	焼戻し	
SKH51	1220油冷	560空冷	64以上

□ 材質 成分

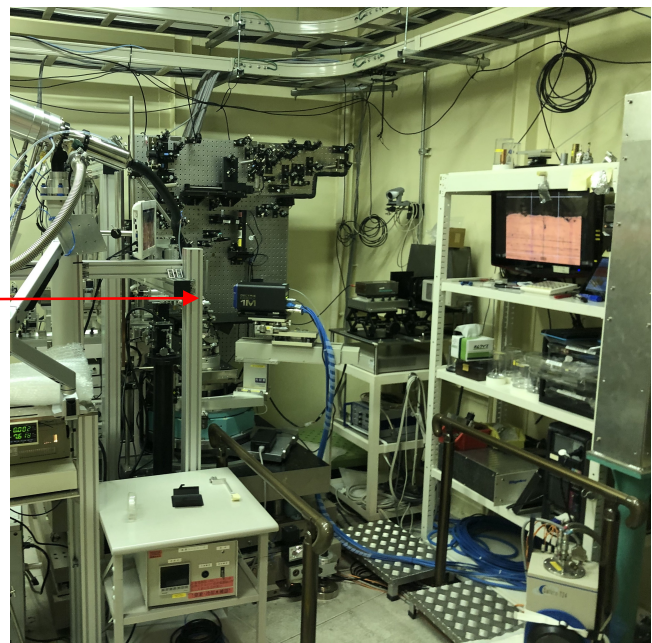
化学成分										
C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	W	V	Co	
0.73 ~ 0.83	0.45 以下	0.40 以下	0.030 以下	0.030 以下	3.80 ~ 4.50	-	17.20 ~ 18.70	1.00 ~ 1.20	-	

化学成分										
C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	W	V	C o	
0.80 ~0. 88	0.45以 下	0.40以 下	0.030 以下	0.030 以下	3.80 ~4. 50	4.70 ~5. 20	5.90 ~6. 70	1.70 ~2. 10	-	

使用ビームライン … BL40XU



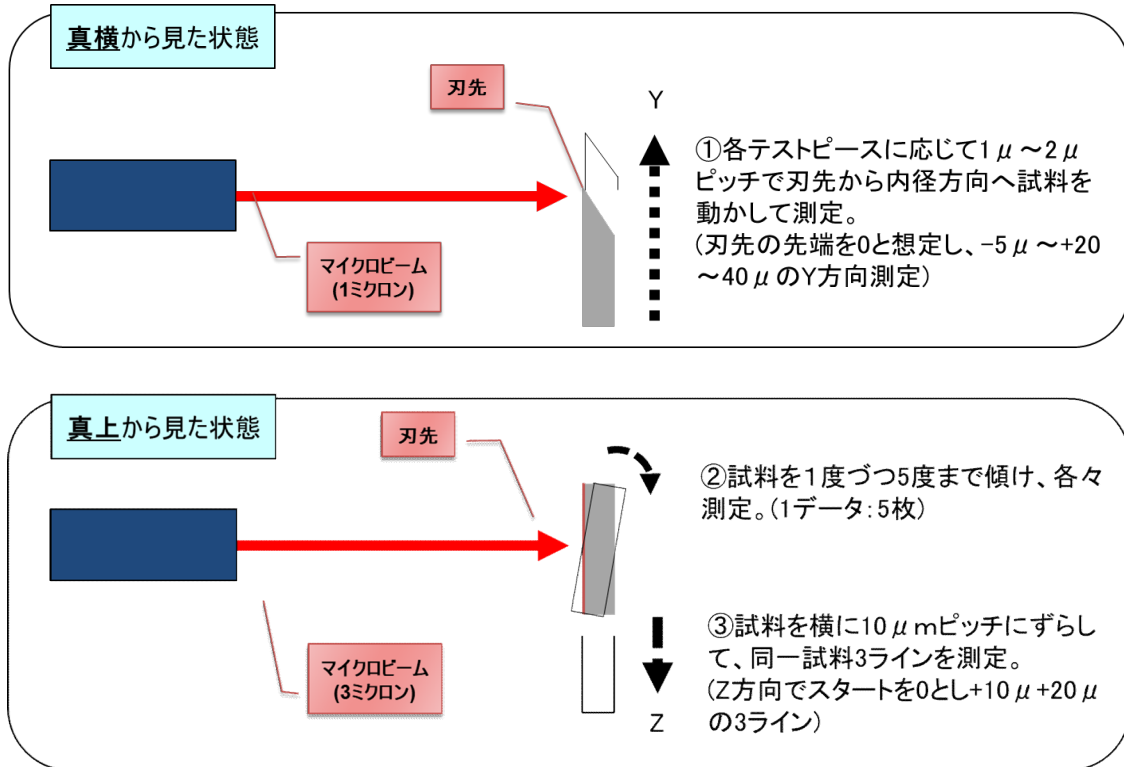
ビーム側



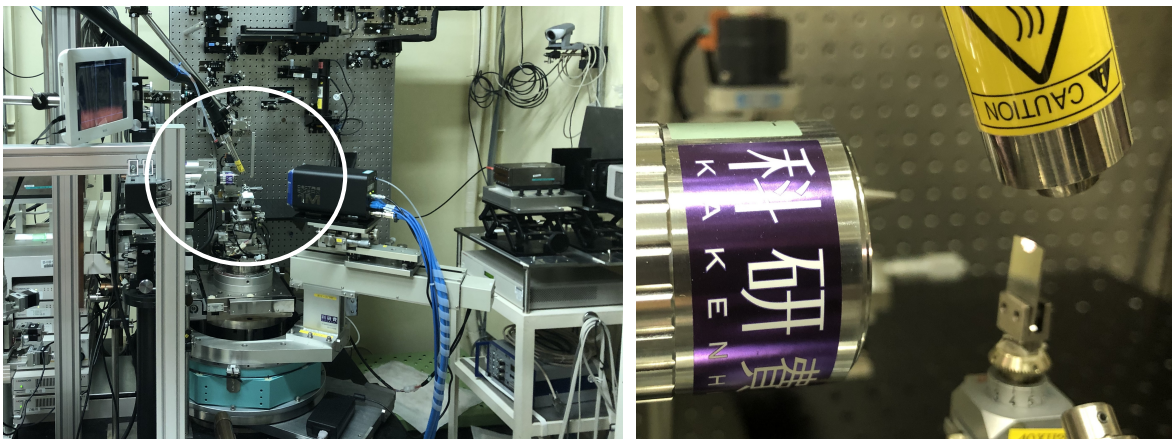
測定ステージ側

測定方法

刃先を上に向けて試料ステージに固定し、 $1 \times 3 \mu\text{m}$ 程度のマイクロビームで刃の先端から X 線回折を 2 次元 X 線検出器で記録する。試料に応じて $1 \sim 2 \mu$ 程度のステップで、刃先から内部方向にビームが当たるように試料を動かし、各点で X 線回折パターンを記録する。 15keV の X 線は $50 \mu\text{m}$ 厚の鉄を約 10% 透過する。刃先は 60° の傾斜となっており、刃先から約 $30 \mu\text{m}$ までの一で測定可能である。各点における X 線露光時間は 5 秒以内。試料を横に $10 \mu\text{m}$ のステップで同一試料の 3 箇所を測定を繰り返す。



測定の概要



全体

ステージのズーム

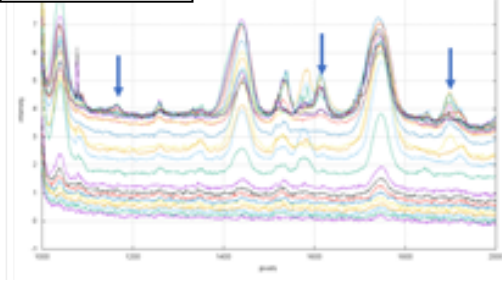
測定の様子

5 結果および考察（代表的なグラフや図を用いて分かりやすく説明すること）

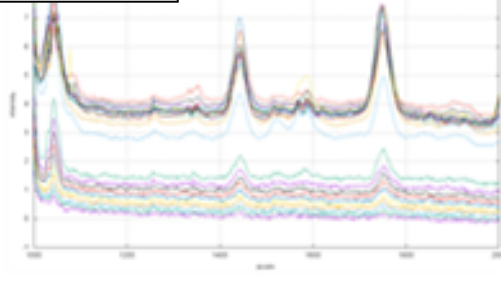
測定の結果

① 回折測定結果

サンプル A

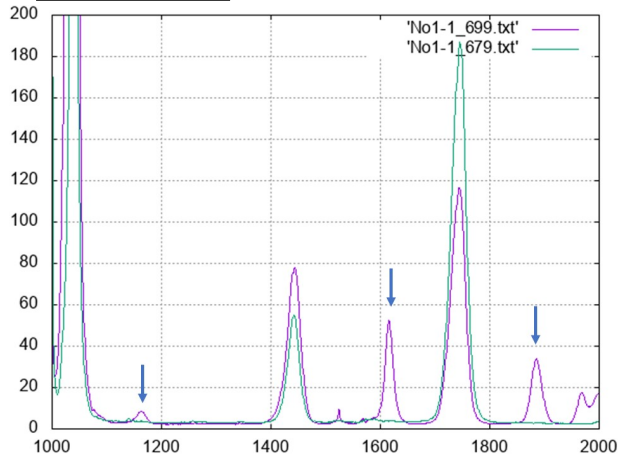


サンプル B

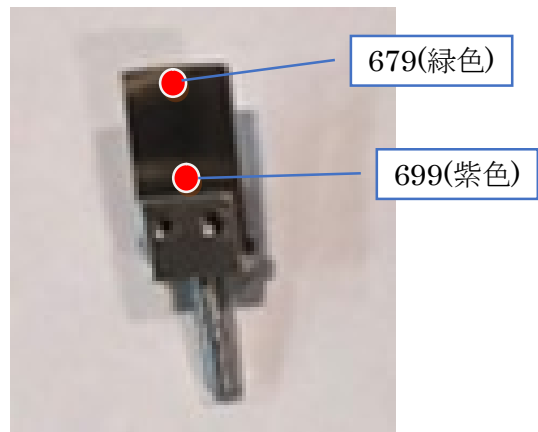


- ・ 明確に γ 相(オーステナイト)^{※1}のピークが見られるのはサンプル A のみで、サンプル B にはオーステナイトのピークは見られなかった。(焼戻による残留オーステナイトの分解を確認。)

サンプル C



サンプル C 外観



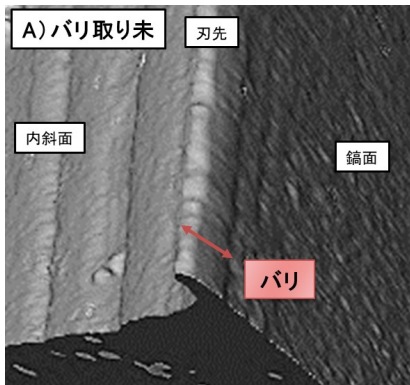
- ・ サンプル C の測定結果は、サンプル B と比較して材質(若干の成分が違う)による大きな違いは見られない。
- ・ 刃先と芯部を比較すると、刃先では γ 相のピークは深部に比べて α 相(マルテンサイト)^{※2}よりも弱い。
- 焼戻で残留オーステナイトは分解されるものの、若干の未分解部分が見られる。しかし、その部分が研削加工の影響で残留オーステナイトの分解されていることが判った。よって、刃先の方が芯部よりも硬質構造となっていることが明らかとなった。

測定の結果より、ナイフの先端とバリとの間に若干の残留オーステナイト量に差が見られるものの、研削熱の影響による構造の変質は見られなかった。→ **非常に硬質構造。**

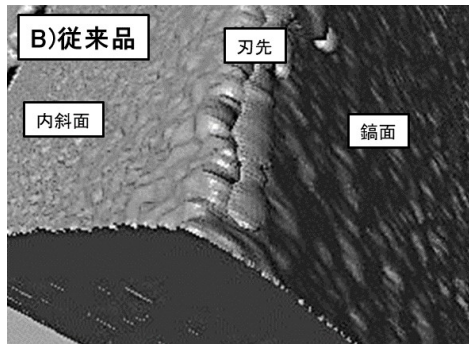
※1 オーステナイト・鋼材を熱処理(焼入れ)する際、加熱して赤熱状態時の鋼材内部の結晶構造の名称(柔らかく・さびにくい)

※2 マルテンサイト・鋼材を熱処理(焼入れ)する際、加熱・急冷後に得られる鋼材内部の結晶構造の名称(非常に硬く・脆い)

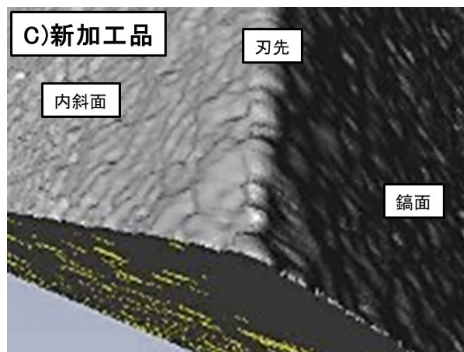
② CT 撮影結果



- ・ バリが内斜面側に突起している。
(バリの大きさ:約 $3 \times 10 \mu\text{m}$)



- ・ 従来品はバリが除去されているが、刃先は若干丸みを帯びており、刃先線も不安定。



- ・ 新加工品(テスト加工)は従来品よりも丸みは解消され、刃先線も安定している。

6 今後の課題

今回の測定結果で、加工で生じるバリは加工熱によつての影響による変質は見られず、母材とほぼ同じく非常に硬質構造であること、またその形状は非常に薄く不安定な形状であることが明らかとなった。これは今まで行ってきた SEM 等の観察だけでは判定は困難なものであった。

刃物づくりにおいて、バリの残留は被切断物への影響が大きく、また使用中に脱落することによって刃先に大きなカケが生じ、更はそのバリが被切断物に付着する事故も懸念されることから、完全除去を目指し、全数検査をおこない出荷している。

現場では量産化の為、検査を通す観点から過剰なバリ取り加工の傾向になることは否めない。

CT 撮影画像 B)を見ても明らかのように現行製品は丸みを帯びた刃先形状となり、結果として切れ味が落ちてしまう。

精密な刃先加工は、この硬いバ리를容易でかつキレイな除去を施し鋭利な刃先に仕上げるのが最も重要な要素であり、今回観察できた新しいバリ取り加工技術がその理想とする加工に近づいていることが明らかとなったことは大きな収穫といえる。

今後はこの新加工技術の更なる向上を図るとともに量産化・安定供給に向けた取り組みをおこない、早急に普及させたい。