

NACHI
**TECHNICAL
REPORT**
Materials

Vol. **15**B3
Feb/2008

マテリアル事業

機械工具
プレジジョン
機能部品

■ 新商品・適用事例紹介

FM ALLOY

「耐食・鏡面プラスチック金型用鋼
PROVA400」

FM ALLOY

"PROVA 400 ---Anticorrosive, Mirror-surface
Finish Die Steel for Plastic Molding"

〈キーワード〉 プラスチック金型用鋼・マルテンサイト系ステンレス鋼・
耐食性・鏡面性

マテリアル事業部／技術開発部

田嶋 良樹 Yoshiki Tajima

島谷 祐司 Yuji Shimatani

吉本 隆志 Takashi Yoshimoto

「FM ALLOY」は、NACHIの商標登録です。

株式会社 不二越



要 旨

NACHIマテリアル事業は、従来の高速度工具鋼(ハイス)に並ぶ新材料として、「FM ALLOY」のブランド名で高機能、高品質、高付加価値材料の開発を推進し、精密型用鋼「DURO」、プラスチック金型用鋼「PROVA」、機能部品材料「EXEO」をシリーズ化し、新たな用途展開をすすめている。

プラスチック金型用鋼PROVA400は、新特殊溶解設備をはじめとしたNACHI独自の製造プロセスにより、非金属介在物を極限まで低減して、耐食性と鏡面性を合わせ持つ「FM ALLOY」シリーズの一翼を担う新材種である。

Abstract

NACHI Material Division has developed a new material called FM ALLOY that has high performance, high quality and high added value that rivals the conventional High Speed Steel (HSS). FM ALLOY Series consist of DURO for precision dies, PROVA for die steel for plastic molding and EXEO for functional part materials, being applied for various new purposes.

PROVA, die steel for plastic molding is a new material in FM ALLOY Series with the minimal non-metal inclusion and anticorrosive, mirror-surface finish characteristics which are achieved with use of a new, special melting equipment and NACHI-exclusive manufacturing processes.

1. 高品質・高性能の金型材料に应运

プラスチックは、私たちが生活をしていく中で、もはや欠かせない存在になっている。その用途や大きさは、家庭用品、白物家電から、デジタル家電、光学製品、自動車部品など極めて多様である。

プラスチック製品の成形には金型が用いられるが、金型材質としては、例えば、表1のように製品用途や樹脂の種類、金型ライフなどにあわせて様々である。その中でも、光学レンズなど成形されたプラスチック製品に高度な鏡面性が要求される場合、金型材種の選択はとりわけ重要である。

耐食・鏡面プラスチック金型用鋼PROVA400は、この鏡面性要求に対応するため、特殊溶解など独自の製法を確立し、非金属介在物を極限まで低減させ、耐食性を合わせ持つ。



図1 プラスチック成形金型の一例
(左:液晶導光板金型、右:レンズ金型)

表1 代表的なプラスチック成型金型材料とその用途例

材種系統	代表材種	使用硬さ(HRC)	鏡面度	用途例
SCM改良鋼	PX5	20-30	#3000	自動車、家電 (溶接性、加工性重視)
析出硬化鋼	NAK80	38-42	#8000	※3 透明ケース、OA機器 (シボ性、放電加工性重視)
SUS420J2改良鋼	PROVA400 STAVAX	50-55	#14000	レンズ、液晶導光板、携帯電話筐体 (耐食・鏡面性重視)

2. 耐食・鏡面プラスチック金型用鋼 PROVA400の特長

PROVA400は、表2のとおりJIS SUS420J2改良鋼に属する。

表2 PROVA400の納入状態、化学成分

NACHI材種記号 (JIS)	納入状態	主要化学成分 (wt%)					
		C	Si	Mn	Cr	Mo	V
PROVA400 (JIS SUS420J2改良)	焼鈍材 220HB以下 ブリハードン 29~35HRC	0.4	0.9	0.4	13.5	微量	微量

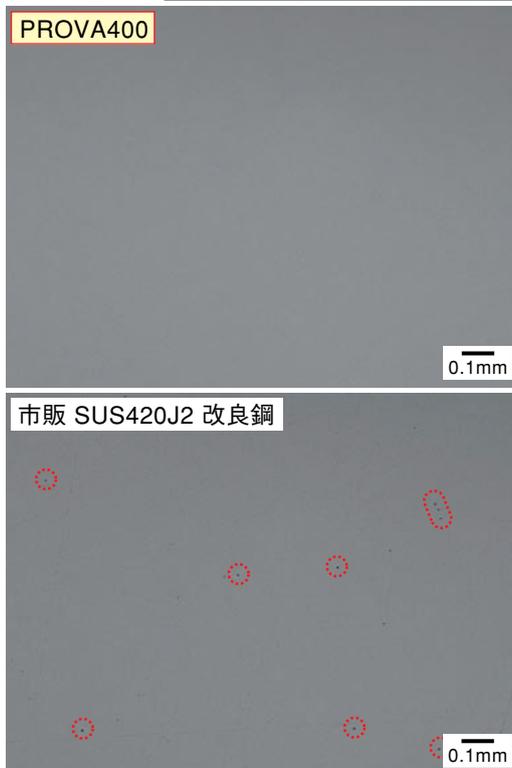
一般にSUS420J2改良プラスチック型用鋼は、

- ・マルテンサイト系ステンレス鋼のため、耐食性に優れる
- ・非金属介在物が少ない高纯净度鋼のため、鏡面仕上性に優れる
- ・熱処理硬さ53HRCが得られるため、耐摩耗性に優れる

といった特長を持つ。

PROVA400は、上記特長よりさらなる鏡面性、耐食性、被切削性などを追求している。

試験片は焼入れ焼もどし材 (53HRC)



○:ピンホール
 研磨条件:エメリーペーパー #400→#800→#1500
 ダイヤモンドペースト3μm→1μm

図2 PROVA400および市販SUS420J2改良鋼の鏡面性比較

1) 優れた鏡面性

PROVA400は、鏡面研磨面に見られる^{※4}ピンホールの主要因となる非金属介在物を極限まで低減することにより、ピンホール発生量が極めて少ない。PROVA400および市販されているSUS420J2改良鋼のピンホール比較写真を、図2に示す。市販SUS420J2改良鋼はピンホールが多数見られたが、PROVA400はほとんど確認されなかった。

ここで市販SUS420J2改良鋼に見られたピンホールについての解析例を図3、4に示す。ピンホールには硫化物系や酸化物系の介在物元素が確認され、良好な鏡面を得るためには、いかに非金属介在物の低減が重要であるかがわかる。

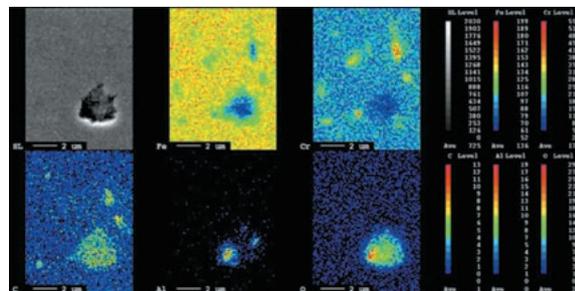


図3 市販SUS420J2改良鋼ピンホールのEPMA結果 (酸化物系介在物と推定)

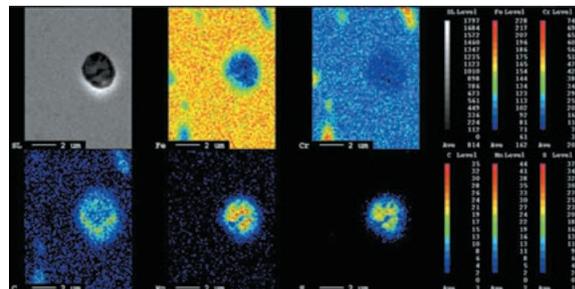


図4 市販SUS420J2改良鋼ピンホールのEPMA結果 (硫化物系介在物と推定)

2) 優れた耐食性

PROVA400および市販SUS420J2改良鋼2材種について、硫酸水溶液中での腐食減量を比較したものを、図5に示す。PROVA400の耐食性は、市販材に較べ40～55%優れる。この要因については未解明な部分もあるが、PROVA400は介在物以外の不純物についても徹底して低減しているため、このような結果が得られたと考えている。

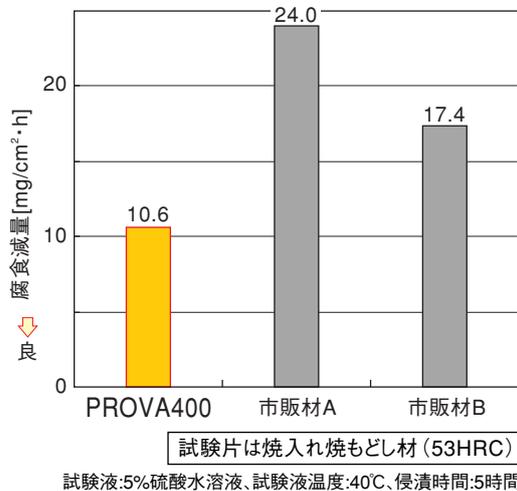
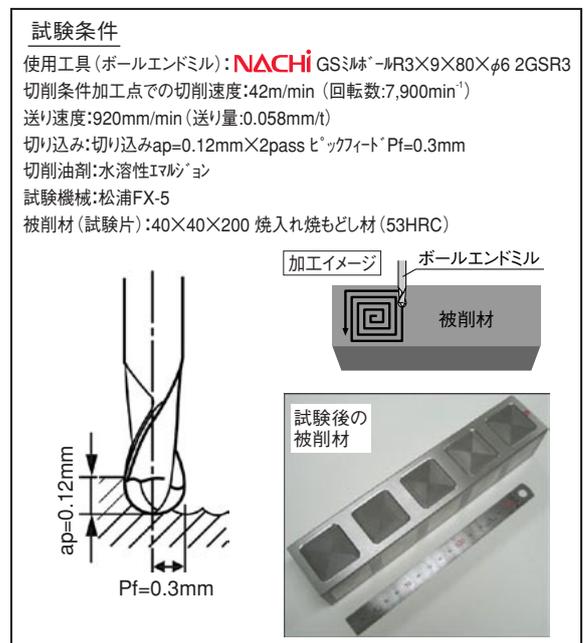


図5 PROVA400および他社SUS420J2改良鋼の耐食性比較

3) 優れた被切削性

PROVA400および市販SUS420J2改良鋼2材種について、ボールエンドミルによるポケット加工時の刃先摩耗量を比較したものを、図6に示す。PROVA400の刃先摩耗量は市販材に較べ20～40%優れており、工具1本での金型切削距離が伸び、また工具費用も抑えることができる。



試験結果

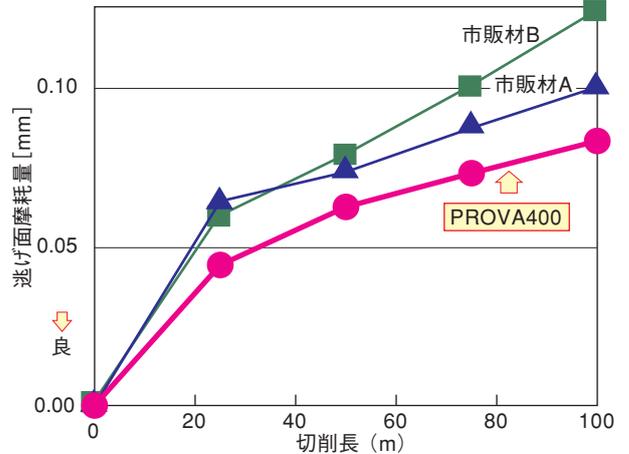


図6 PROVA400および市販SUS420J2改良鋼の被切削性比較

4) 機械的性質

PROVA400および市販SUS420J2改良鋼2材種について、シャルピー衝撃試験（衝撃値）、引張試験（引張強さ、伸び、絞り）を行なった結果を、図7に示す。PROVA400の衝撃値は、市販材に較べ25%～40%優れており、靱性が高いことがわかる。引張強さは硬さに依存するためPROVA400と市販材2材種の間には差はないが、伸び、絞りは市販材に較べ15%～70%優れており、延性が高いことがわかる。

試験片は焼入れ焼もどし材（53HRC）、φ20圧延丸鋼の圧延方向より採取

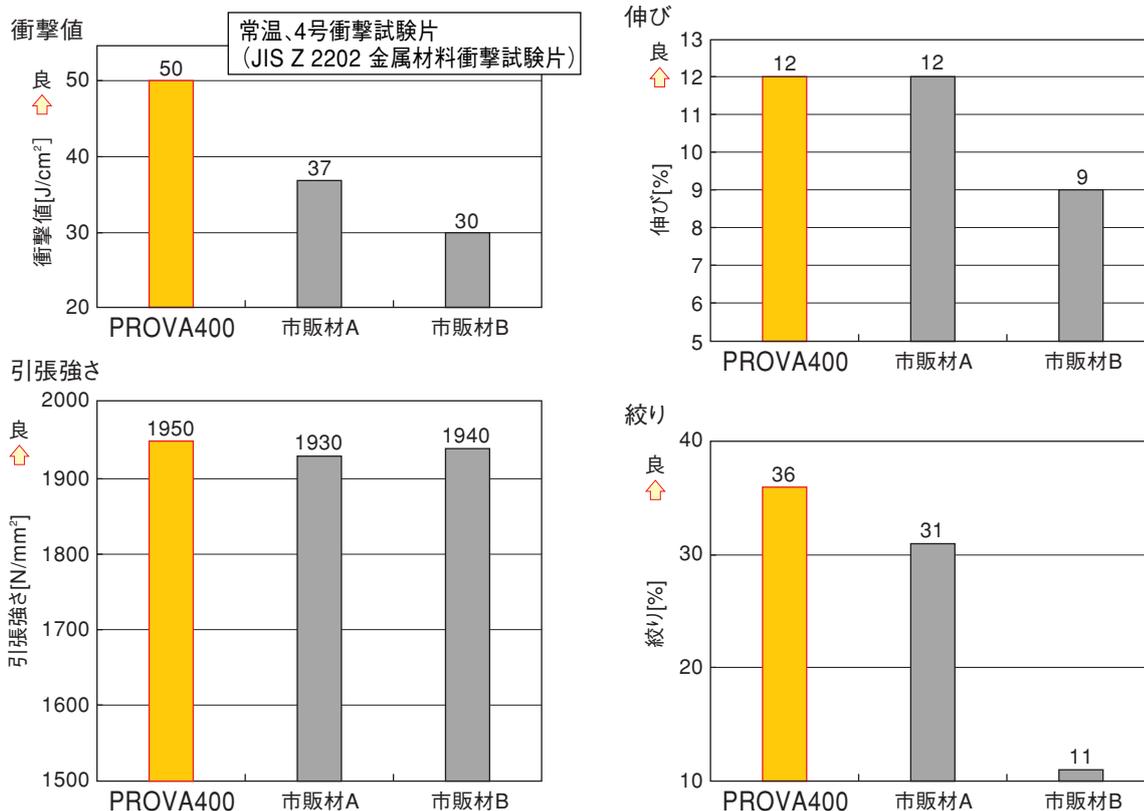


図7 PROVA400および市販SUS420J2改良鋼の機械的性質比較

表3 PROVA400および市販SUS420J2改良鋼の物理的性質比較

試験片は焼入れ焼もどし材（53HRC）

熱膨張係数

	熱膨張係数 (×10 ⁻⁶ /K)				
	30~100℃	30~200℃	30~300℃	30~400℃	30~500℃
PROVA400	10.9	11.4	11.8	12.2	12.5
市販材A	11.0	11.7	11.9	12.3	12.8
市販材B	10.9	11.5	11.9	12.2	12.6

熱伝導率

	熱伝導率 (W/m·K)					
	常温	100℃	200℃	300℃	400℃	500℃
PROVA400	20.6	21.6	23.2	24.5	25.4	26.0
市販材A	19.6	20.5	21.9	23.2	24.2	25.3
市販材B	20.6	21.5	23.1	24.0	24.9	25.6

比熱

	比熱 (J/kg·K)
	常温
PROVA400	455
市販材A	465
市販材B	457

常温は26～28℃の範囲

5) 物理的性質

PROVA400および市販SUS420J2改良鋼2材種について、熱膨張係数、熱伝導率、比熱を測定した結果を、表3に示す。各特性ともPROVA400と市販2材種の間には大差はない。このことから、市販SUS420J2改良鋼製金型をPROVA400製に変更される場合には、金型冷却、成形サイクルなど、金型設計および成形条件は変更の必要がないと考える。

3.耐食・鏡面プラスチック金型用鋼 PROVA400の用途とユーザー評価

(用途)

PROVA400は金型に耐食性、耐摩耗性が要求される場合や、成形される樹脂に鏡面性が要求される場合に最適な材種である。表4にPROVA400に適した樹脂の例および成形製品例を示す。

(ユーザー評価)

PROVA400および市販SUS420J2改良鋼について、図8のようなプラスチック容器成形金型をユーザーに試作いただき、加工性および鏡面性について比較評価いただいた。表5に示す条件にてボールエンドミル切削加工(粗加工)後の刃先摩耗状況を、図9に示す。市販SUS420J2改良鋼は、金型を1個削った時点で刃先摩耗が大きい(工具寿命と判定)の

に対し、PROVA400は、金型を2個削っても刃先の摩耗が僅か(工具寿命には至らず)で、PROVA400の工具寿命は、市販SUS420J2改良鋼比2倍以上という評価であった。

次に金型のフラットな面を、試験的に鏡面研磨いただいた後の研磨面状態を、図10に示す。白く見える斑点がピンホールである。市販SUS420J2改良鋼の研磨面には、大きさ10 μ m前後のピンホールが多数確認されたが、PROVA400の研磨面には、ピンホールがほとんど見られなかった。この結果からPROVA400の鏡面性が優れているということを、ユーザーに認識していただいた。

表4 PROVA400の用途例

<ul style="list-style-type: none"> ・難燃剤添加樹脂や、PVCなど塩素系の腐食しやすい樹脂の成形金型 ----- 耐食性 ・熱硬化性樹脂や、ガラス入り樹脂などの成形金型 ----- 耐摩耗性 ・高度の透明性を要する、光学系や医療系部品などの成形金型 ----- 鏡面性 	
成形樹脂	成形製品例
PVC、PS、PE、PF、PC、 PMMA、PP、EP、難燃剤添加	光学レンズ、メガネ／コンタクトレンズ、 PETボトル、携帯電話筐体など
	
金型例	成形製品例

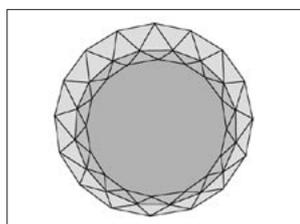


図8 プラスチック容器成形金型
(寸法52×45×25、硬さ48HRC)

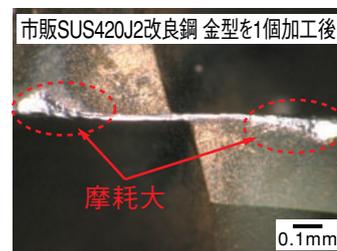
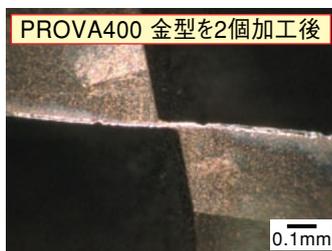
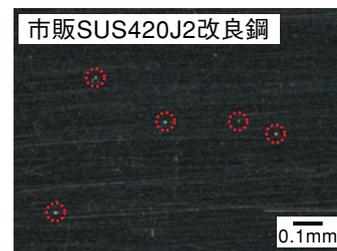
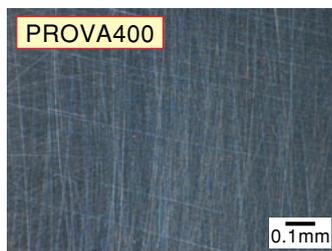


図9 金型を粗加工後の刃先摩耗状況

表5 切削条件(粗加工)

回転/送り	周速	一刃送り	XYピッチ	Zピッチ	切削時間	切削長	
S4300rpm	F520	81m/min	0.06	1.5	0.2	78分	19m

使用工具:超硬ボールエンドミル (R3.0×12.0 刃長12 シャンクφ6)



研磨条件:砥石 #600→#800
エメリーペーパー #600→#800→#1000
ダイヤモンドペースト6 μ m

○:ピンホール

図10 鏡面研磨後の研磨面状態

4.耐食・鏡面プラスチック金型用鋼

PROVA400の熱処理と製造可能寸法・型種

(熱処理)

PROVA400の推奨熱処理条件を、表6に示す。また熱処理硬さを、図11に示す。低温焼もどし180～200℃、高温焼もどし450～500℃において硬さ52～54HRCが得られる。

表6 熱処理推奨条件

焼入れ	<ul style="list-style-type: none"> 予熱:600～850℃ 焼入れ:1000～1050℃(通常1020～1030℃) 保持時間:被熱処理材が中心部まで十分に加熱されるまで(目安30分/25mm)
焼もどし	<ul style="list-style-type: none"> 最低焼もどし温度:180℃ 焼もどし回数:最低2回 耐食性重視の場合、180～400℃の範囲で焼もどし。 放電加工割れを防止する場合、490～510℃の範囲で焼もどし。 経年変化を重視する場合は、サブゼロ処理を実施。

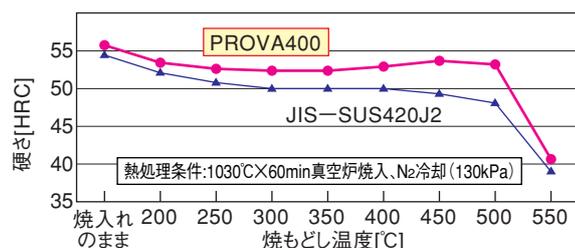


図11 PROVA400の熱処理硬さ

PROVA400の熱処理変寸を、図12に示す。均質化処理により、変寸量は少なくなっている。

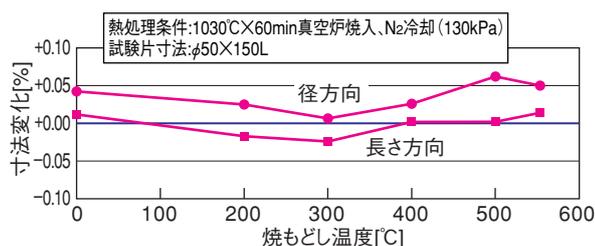


図12 PROVA400の熱処理変寸

(製造可能寸法・型種)

PROVA400の製造可能寸法と型種を、表7に示す。表7に記載されていない寸法、型種については別途相談となる。

表7 標準製造可能寸法と型種(詳細は別途ご相談願います)

単位(mm)	
1.焼鈍材(硬さ220HB以下)	
丸鋼 黒皮/旋削品	外径φ: 13 ~ 180
	長さL: 3000 ~ 5000
平角鋼 黒皮/旋削品 グループ①	厚さt: 55 ~ 150
	幅 w: 120 ~ 150
	長さL: 1000 ~ 4000
平角鋼 黒皮/旋削品 グループ②	厚さt: 15 ~ 45
	幅 w: 105 ~ 205
	長さL: 2000 ~ 4000
2.プリハードン材(硬さ29～35HRC)	
丸鋼 黒皮/旋削品	外径φ: 20 ~ 180
	長さL: 3000 ~ 5000
平角鋼 黒皮/旋削品 グループ①	厚さt: 55 ~ 150
	幅 w: 120 ~ 150
	長さL: 1000 ~ 4000
平角鋼 黒皮/旋削品 グループ②	厚さt: 15 ~ 45
	幅 w: 105 ~ 205
	長さL: 2000 ~ 4000

5. プラスチック製品のハイレベル化に

「FM ALLOY」ブランドの高機能・高品質・高付加価値材料として、プラスチック金型用鋼PROVA400は、発売開始以来、鏡面性、被切削性、耐食性において好評を得ている。

PROVA400が今後プラスチック成形に関する金型業界および射出成形業界の要望に応えると同時に、プラスチック製品のハイレベル化に貢献できれば幸いである。

「FM ALLOY」として、既報の精密型用鋼DUROシリーズやプラスチック金型用鋼PROVA400の開発で得られた高纯净度鋼技術は、疲労寿命などの特性向上にも貢献する。この技術を機能部品用材料「EXEO」シリーズ新材種の開発に応用し、工作機械のスピンドルや射出成形機のスクリューなどの用途に展開していく。

用語解説

※1 FM ALLOY

NACHI新材料のブランド名。独自の新製法により、高機能化・高特性化を実現したマイクロ制御合金。

※2 PROVA

ポルトガル語で、「耐える」、「証しとなる」という意味。過酷な腐食環境でも鏡面性を失わない耐久力のある材料をイメージして名付けた。

※3 シボ性

自動車のダッシュボードやパソコンのキーボードなど、プラスチック成形品の表面肌にしボ肌（皮革・木目・岩目・砂目・なし地・幾何学模様）を得るため、ブラ型の肌をエッチング（腐食）やショットなどでシボ状にするが、その際の加工性をいう。

※4 ピンホール

材料を研磨した際に、研磨面に見られる微小な孔。鏡面性を得る上での阻害要因となる。

関連記事

- 1) 吉田直純・島谷祐司・吉本隆志：FM ALLOY「精密型用鋼DURO」、NACHI TECHNICAL REPORT、Vol.14 B4、October（2007）