

バインダージェット 3DプリンティングとM2工具鋼を用いた

金型加工の革命



INDO-MIM[®]
COMPLEXITY SIMPLIFIED

INDO-MIM社概要



世界最大のMIM(金属粉末射出成形)メーカー

51 MPIF受賞回数

85+ 素材オプション

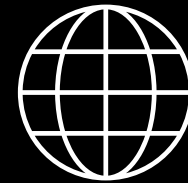
650+ 世界の顧客数

10,000+ MIMパーツ種類

総敷地面積

12.5ha

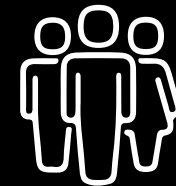
インド、アメリカ、イギリスの
拠点の合計



海外出荷
全世界五大陸へ



二億個以上
年間出荷パーツ



4000人以上
従業員数

INDO-MIMパウダー製造能力



各製造技術・プラットフォーム向けに、粉末製品ラインナップ拡大中



グレード	PSD
MIM	3~25 μ
マイクロMIM	1~15 μ
LPBF	15~53 μ
バインダージェット	5~53 μ
溶射	15-45 μ 53-106 μ 53-150 μ

計4製造ライン

溶融能力
2800 トン/年

バインダー
ジェット
グレード

SS316	17-4 PH	M2
Inc 625	Inc 718	Co Cr (F75)
Custom		

MIMグレード

SS316	SS 304	M2
In 625	In 718	Co Cr (F75)
M2	S7	HK30
SS 410	SS 430L	H13
Custom		

LPBFグレード

SS316	17-4 PH	H13
Inc 625	Inc 718	
SS 304	SS 430L	
Mar M247		

溶射グレード

SS316	SS430	STL Gr.
Custom	Co, Ni alloys	

チタングレード

Ti-6Al-4V -Grade 5	Ti-6Al-4V-Grade 23 (ELI)
Cp-Ti grade 2	

MIM金型インサートでの社内実績



従来型金型製造



素材が棒材

豊富な素材オプション

LPBF 3Dプリントで インサート製作



社内で10年間採用

加工工程の削減

バインダージェット3Dプリントでインサート製作



印刷速度（LPBFの5倍以上）

M2展伸材と同等以上の特性

より多くの素材に対応可能

複数の機械加工工程

経験豊富な工具職人

コンフォーマル冷却は不可能

設備投資大

加工時間が長く、高額

量産に不向き

使用可能材料が限定的

量産化の知見

経験豊富な機械工

エンドツーエンドの量産化
ワークフロー

INDO-MIM
の長年の知見
と能力によっ
て緩和

※「コンフォーマル」とは「形状に沿った」という意味。

長所

短所

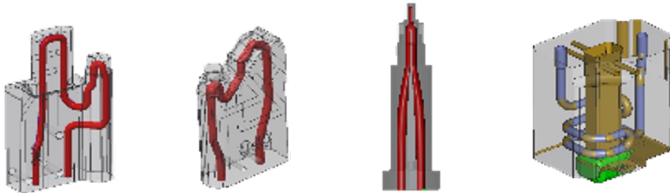
バインダージェット方式での金型製作の利点

バインダージェット 3Dプリント利用で、高度で高性能な金型ソリューションが提供可能に



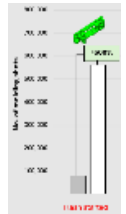
1

バインダージェット方式で、金型内にコンフォーマル冷却／加熱流路を造作可能



2

品質の一貫性、欠陥の排除、金型性能向上を実現



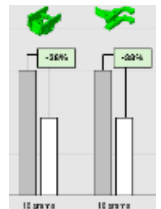
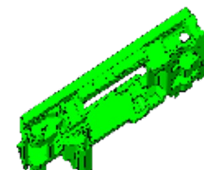
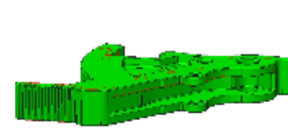
3

加工工程削減による生産効率向上



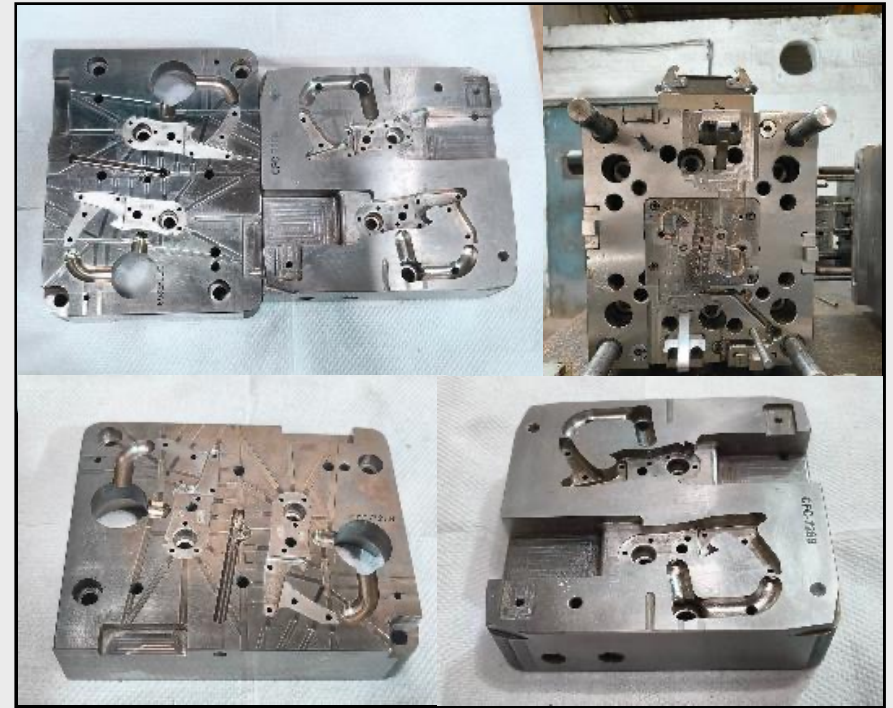
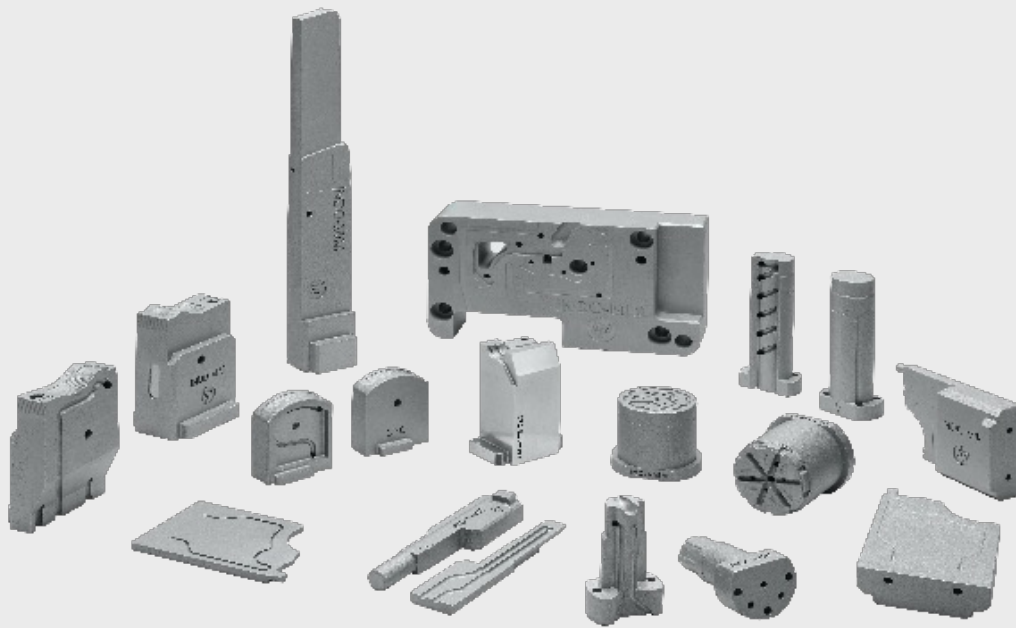
4

INDO-MIMの効率性・品質・持続可能性・イノベーションに関する目標達成に貢献



バインダージェット 3Dで作る金型インサート

HP S100(バインダージェット型)で、M2パウダーを使用して3Dプリンティング



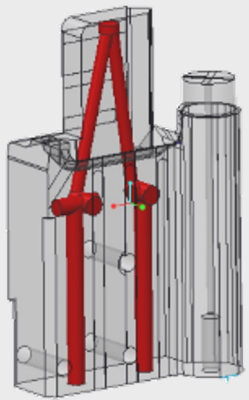
INDO-MIMでは過去18ヶ月、バインダージェット3Dプリンターを使って、生産用途向けM2工具鋼製の金型インサートを約1800台製造

コンフォーマル冷却：品質とサイクルタイム

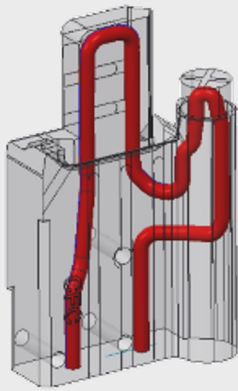
例1：コンフォーマル冷却流路により、金型全体で均一な冷却温度を実現



金型全体の均一冷却を実現するために、コンフォーマル冷却流路の自由に設計できる



従来型の金型設計

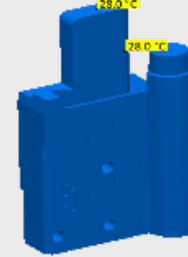


コンフォーマル冷却向けの金型設計

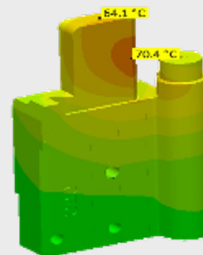
温度分布テスト結果

従来型設計

スライド金型の初期温度分布

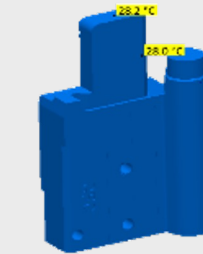
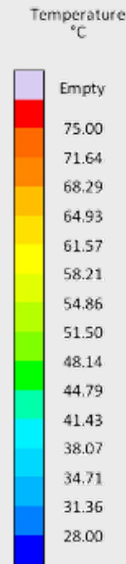


スライド金型15サイクル後の温度分布

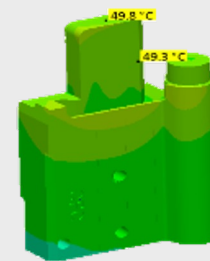


コンフォーマル冷却設計

スライド金型の初期温度分布は変化無し



コンフォーマル冷却により、金型内の温度差はわずか0.5°Cに抑えられた。これは、従来型金型における温度差6.3°Cと比較すると、大幅な改善



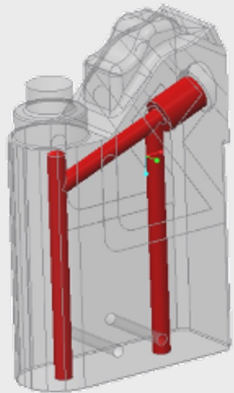
コンフォーマル冷却は、成形部品の均一な冷却に役立ち、その結果、部品にかかる内部応力が低減される

コンフォーマル冷却：品質とサイクルタイム

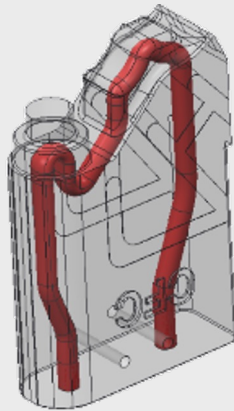
例2：コンフォーマル冷却流路により、金型温度が均一になり、一貫して高品質な部品生産が可能に



金型全体の均一冷却を実現するために、コンフォーマル冷却流路の自由に設計できる



従来型の金型設計



コンフォーマル冷却向けの金型設計

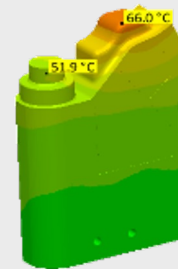
温度分布テスト結果

従来型設計

スライド金型の初期温度分布



スライド金型 15サイクル後の温度分布

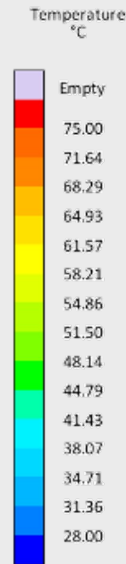
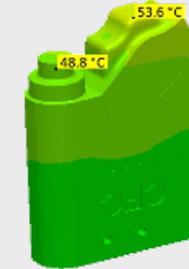


コンフォーマル冷却設計

スライド金型の初期温度分布は変化無し



コンフォーマル冷却により、金型の温度変動はわずか4.8°Cにまで低減。これは、従来型金型における温度変動14.1°Cと比較すると、大幅に低減



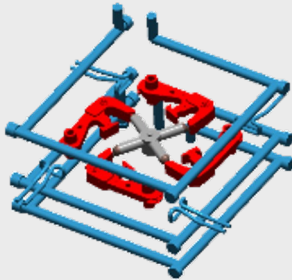
コンフォーマル冷却は、成形部品の均一な冷却に役立ち、その結果、部品にかかる内部応力が低減される

コンフォーマル冷却：ボイド防止

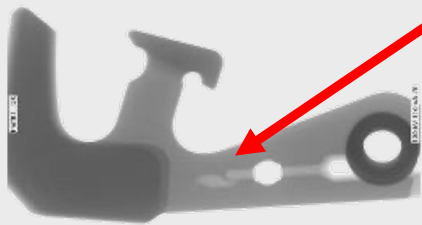
例3：成形部品のボイド欠陥防止のために、コンフォーマル冷却流路が有効

コンフォーマル冷却流路は、成形部品の重要部位を集中的に、あるいは全体を均一に冷却するように設計可能

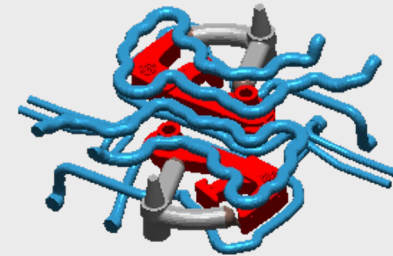
従来型設計



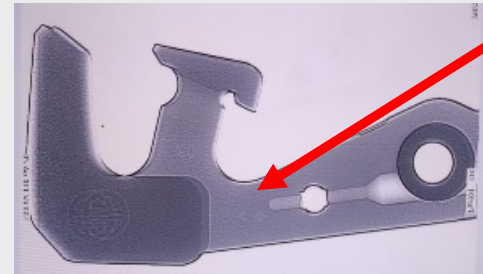
従来型金型設計では
ボイドが観察された



コンフォーマル
冷却設計



コンフォーマル冷
却金型設計により、
ボイド除去



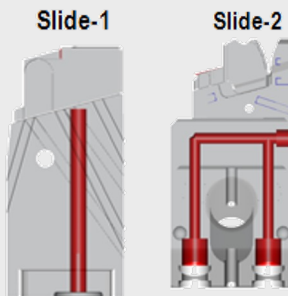
コンフォーマル冷却は、射出成形部品のボイド欠陥防止に役立つ

コンフォーマル冷却：ヒケ防止

例4：成形部品のヒケ欠陥防止のために、コンフォーマル冷却経路が有効

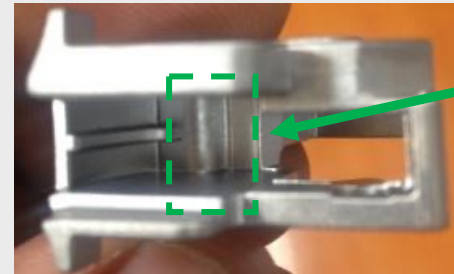
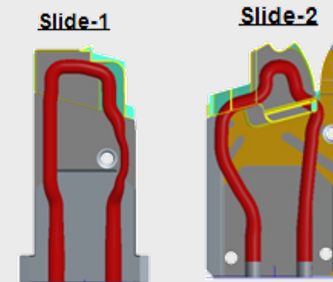
コンフォーマル冷却流路は、成形部品の重要部位を集中的に、あるいは全体を均一に冷却するように設計可能

従来型設計



従来型金型設計ではヒケ発生

コンフォーマル冷却設計



コンフォーマル冷却設計に切替え後、ヒケ発生なし

コンフォーマル冷却は、射出成形部品のヒケ欠陥防止に役立つ

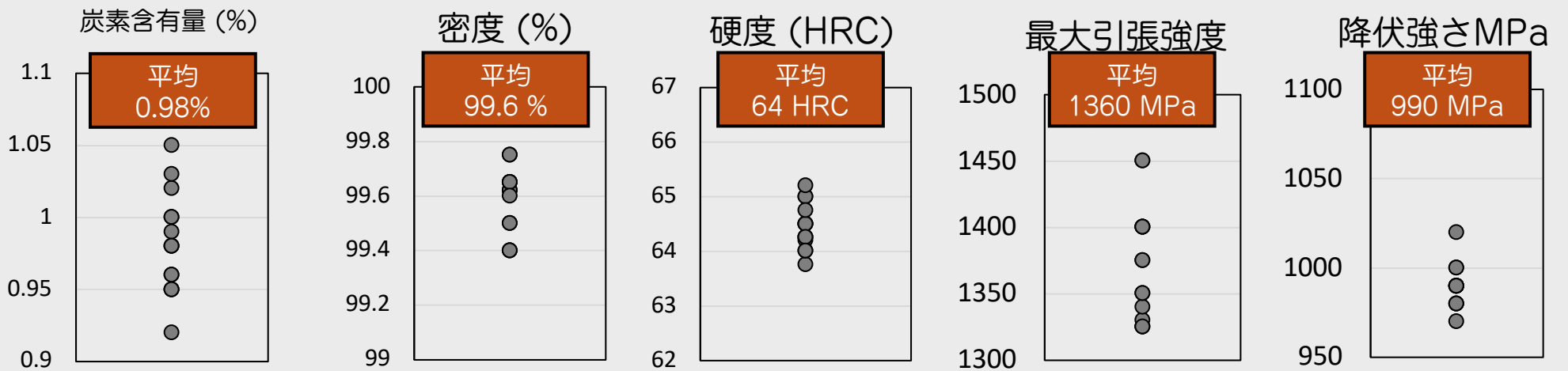
バインダージェット用工具鋼M2の材料特性

インダージェット用M2は、M2展伸材の密度・機械的特性と同等



元素 (重量%)	鉄	炭素	ニッケル	モリブデン	ケイ素	マンガン	リン	硫黄	クロム	タングステン	バナジウム	その他
M2展伸材	Balance	0.78~0.88	-	4.50~5.50	0.20~0.45	0.15~0.40	0.03 max	0.03 Max	3.75~4.50	5.50~6.75	1.75~2.20	-
バインダージェットM2	Balance	0.80~1.00	0.30 max	4.5~5.50	0.45 Max	0.40 max	0.05 max	0.05 max	3.75~4.50	5.50~6.75	1.50~2.20	1% max

様々な造形条件での複数回の試験データから

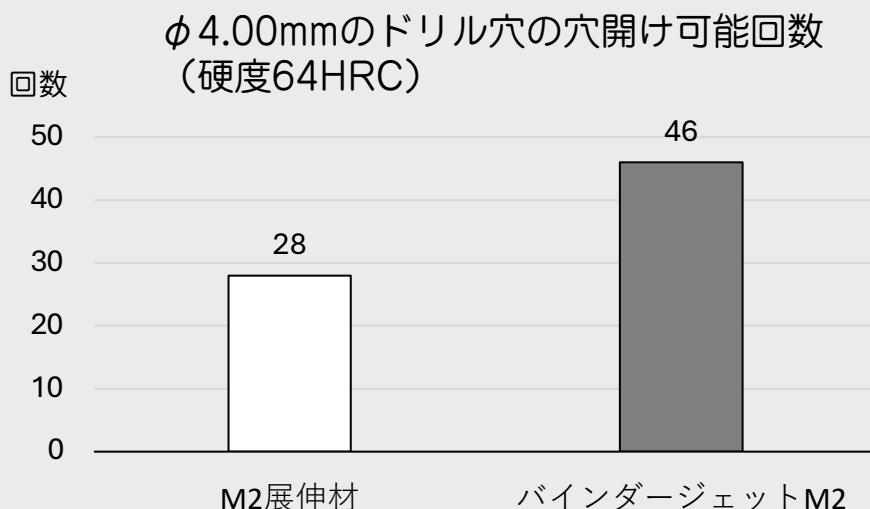


INDO-MIMでは、硬度を約55HRCまで下げるための焼き戻しレシピに取組中

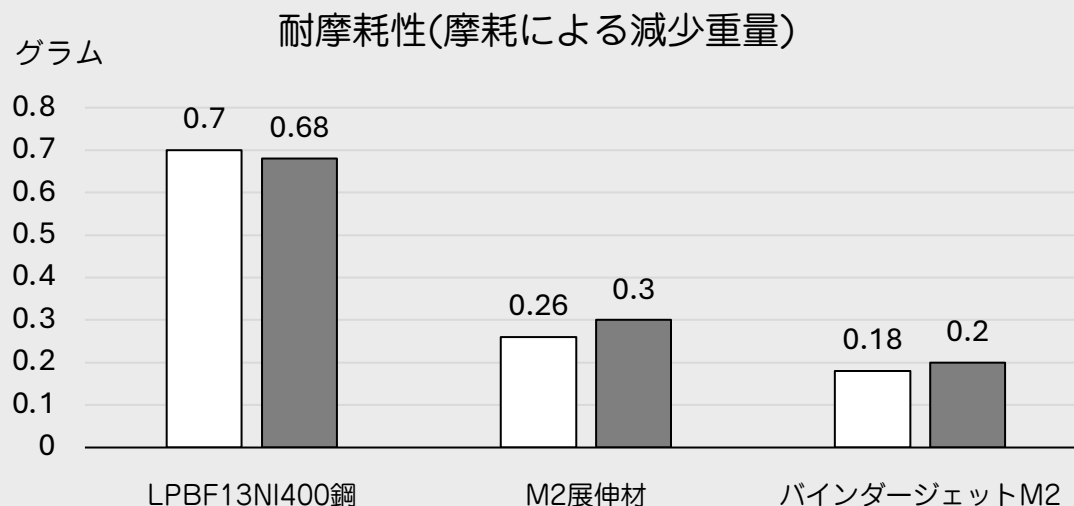
加工性と耐摩耗性

バインダージェットM2は、M2展伸材と比べ、より優れた加工性と耐摩耗性を持つ

加工性確認試験



ASTM G65 耐摩耗性試験



バインダージェットM2材料の熱処理後硬度は64HRCで、研削加工可能
つまり、熱処理後でも、最終的な詳細寸法まで仕上げる事が可能となる

耐摩耗性が約50%向上し、金型寿命も30%~50%延びる

M2微細構造

バインダージェットM2グレード材の高性能を支える要因は、その微細構造にある

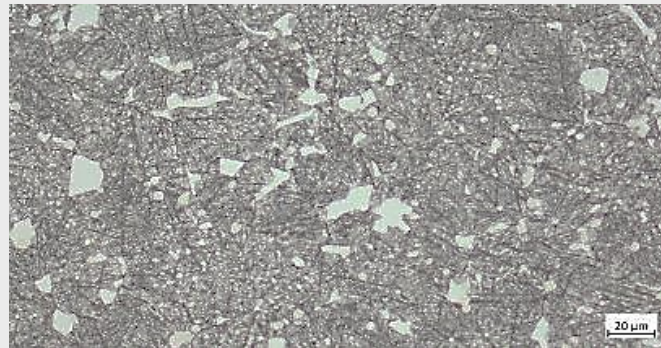
バインダージェットM2

均一な炭化物分布を有する焼戻しマルテンサイト

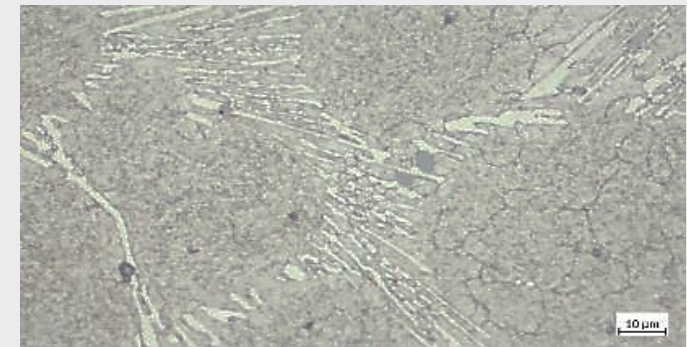
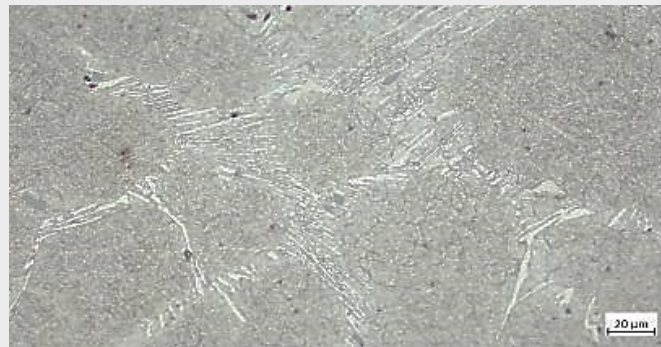
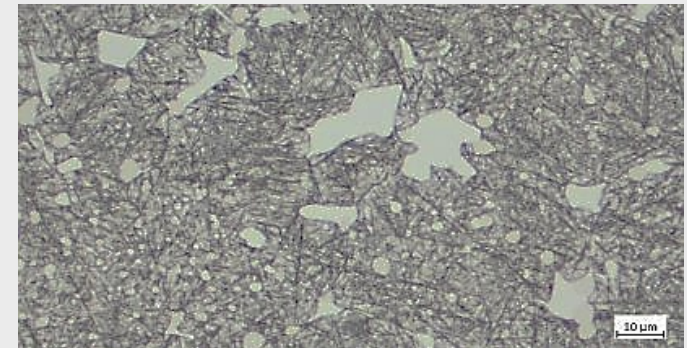
M2展伸材

網目状炭化物を有する焼戻しマルテンサイト

500X



1000X



M2の特性：熱膨張係数と熱伝導率

バインダージェットM2の熱膨張係数/熱伝導率はM2展伸材や他の工具鋼合金と同等



			工具鋼種類						
パラメーター		単位	P20	H13	S7	A2	D2	M2	バインダー ジェットM2
機械特性	熱処理後の伸び率 (%)	%	20.0%	6.0%	4.0%	1.0%	2.0%	1.0%	1.0%
	平均衝撃強度 (ノッチ付きアイゾット法)	J	12.0	16.0	16.9	4.0	2.7	3.3	3.3
熱特性	熱膨張係数 (30℃～100℃) (平均)	μm/m° C	12.8	11.0	12.6	10.7	10.4	10.0	12.30
	熱膨張係数 (30℃～500℃) (平均)	μm/m° C	12.8	12.2	13.3	13.7	12.5	12.2	13.38
	熱膨張係数 (30℃～800℃) (平均)	μm/m° C	12.8	14.8	14.3	14.4	13.0	12.6	12.34
	熱伝導率 (30℃～100℃) (平均)	(W/m° K)	29.9	28.6	28.5	15.8	20	27.47	22.77
	熱伝導率 (30℃～1200℃) (平均)	(W/m° K)					21	31.70	27.56
	熱伝導率 (30℃～300℃) (平均)	(W/m° K)						33.50	30.01
	熱伝導率 (30℃～400℃) (平均)	(W/m° K)		28.4		26.8		34.58	31.96
	熱伝導率 (30℃～500℃) (平均)	(W/m° K)	34.0	28.3		26.8	21.0	34.33	33.07

ポテンシャルの高い、金型への応用

INDO-MIMでは、HP S100(バインダージェット型) を使用し、生産規模に応じた様々な金型への応用を実現



- コンフォーマル冷却を応用した射出成形金型用のインサートおよびスライド
- コンフォーマル冷却を応用した熱間鍛造用金型および深絞り用金型
- 複雑形状の自動ピックアッププレース部品
- カニューレ付き(中空)ドリルおよびリーマ 冷却流路付きカスタム成形カッター

連絡先

詳細については、下記までお問い合わせください。



INDO-MIM[®]
COMPLEXITY SIMPLIFIED

株式会社インダストリー
(INDO-MIM社日本窓口)

大矢浩史／中尾武資

Email:
indomim@industree.asia

Web Site:
<https://industree.asia/>

INDO-MIM LTD.

Joel Fernandes

Email: joel.f@indo-mim.com
携帯電話:+91 8970081826

Web Site:
<https://www.indo-mim.com/>