

金属3DPの活用事例 ～アルミダイカスト金型～

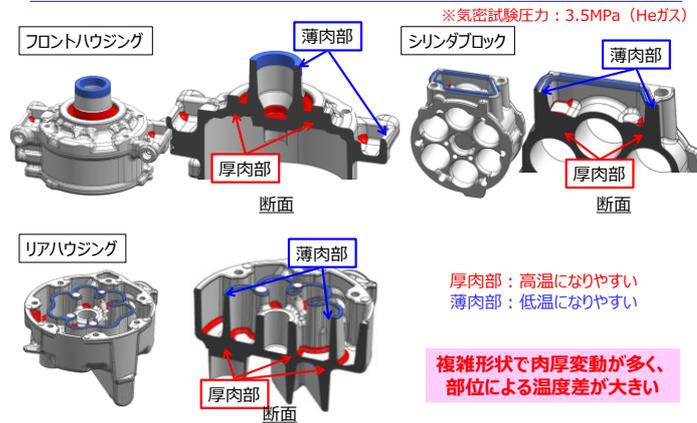
2024/12/3
株式会社 豊田自動織機



0

2.-1) 製品の特徴

2 / 39



2

目次

1 / 39

1. はじめに
 - 1) 会社紹介
 - 2) コンプレッサ事業部およびダイカスト部門の紹介
2. 3D冷却金型適用の経緯
 - 1) 製品の特徴
 - 2) 金型起因のダイカスト非稼働
 - 3) 金型温度の課題と解決策
 - 4) 目標温度域の設定
 - 5) 機械的特性評価
3. 実績
 - 1) 適用事例
 - 2) 3DP導入
 - 3) 3DP活用実績
4. 課題と対策
 - 1) 冷却回路詰まり
 - 2) 金型クラックによる水漏れ
5. さらなる生産性向上
 - 1) タイカストの熱マネジメント
 - 2) 離型剤原液少量塗布
6. 今後の取り組み
 - 1) 新粉末への切り替え
 - 2) DEDの活用

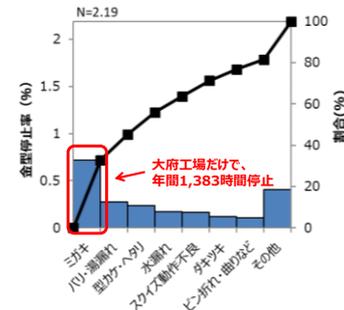


1

2.-2) 金型起因のダイカスト非稼働

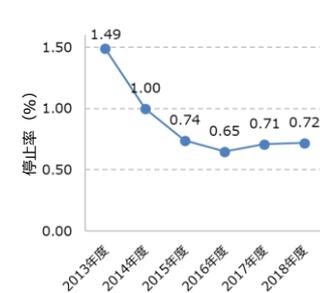
3 / 39

2018年度 金型停止率バレー図



金型による非稼働要因は
「ミガキ」のための停止が最も多い
(全体の35%)

ミガキ停止率推移



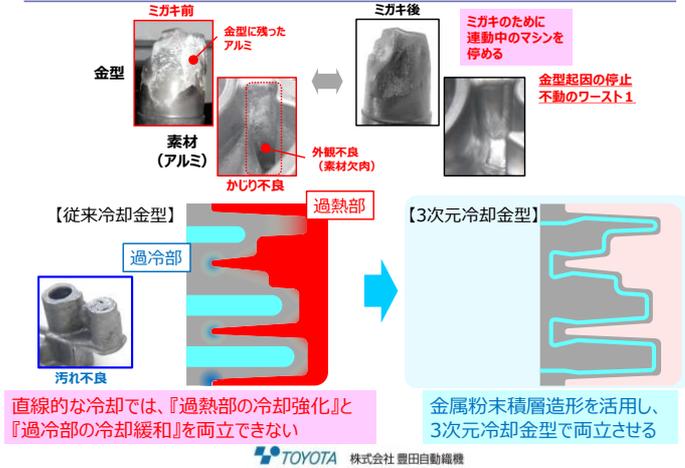
「ミガキ」のための停止は
5年前と比較し激減したが、
ここ数年は下げ止まり



3

2.-3) 金型温度の課題と解決策

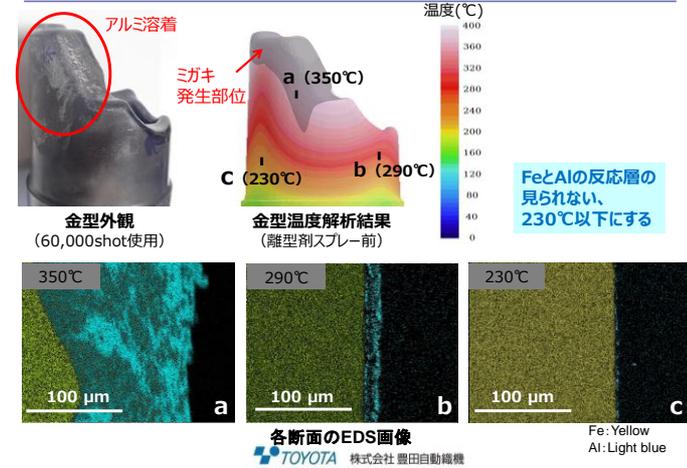
4 / 39



4

2.-4) 目標温度域の設定 (アルミ溶着)

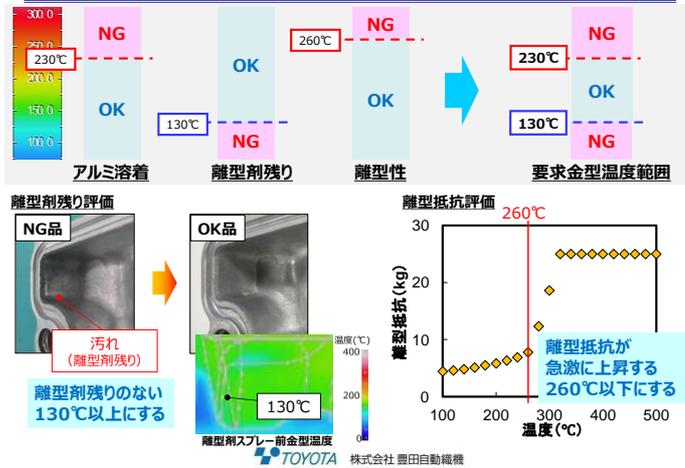
5 / 39



5

2.-4) 目標温度域の設定 (離型剤)

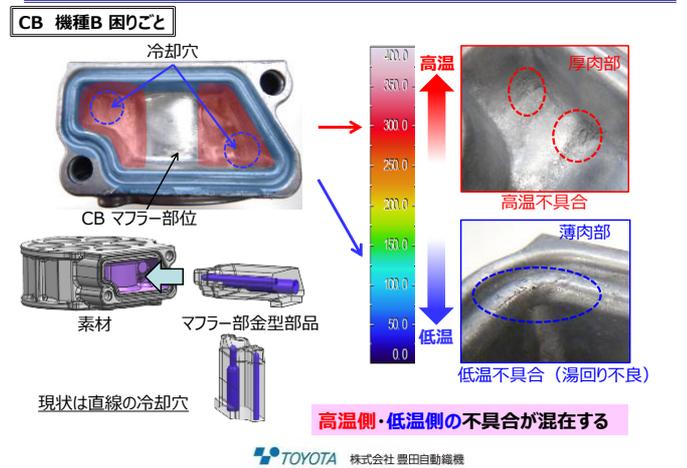
6 / 39



6

3.-1) 適用事例

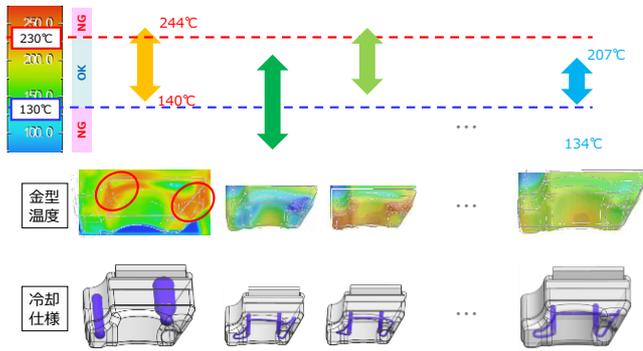
7 / 39



7

3.-1) 適用事例

8 / 39



目標温度域に入るまで、冷却回路設計&CAE解析を実施

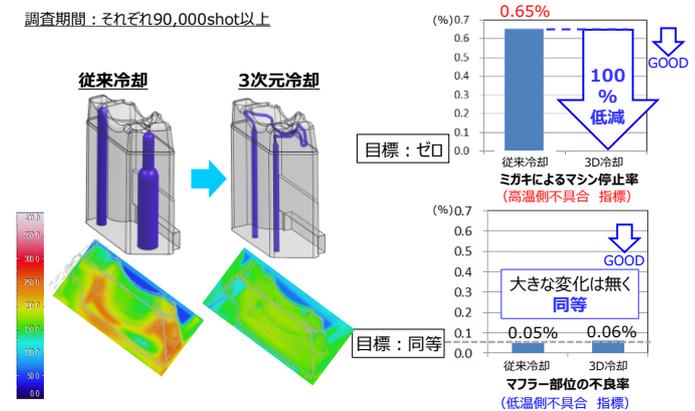
TOYOTA 株式会社 豊田自動織機

8

3.-1) 適用事例

9 / 39

調査期間：それぞれ90,000shot以上



3D冷却回路により、ミガキによるマシン停止率目標達成

TOYOTA 株式会社 豊田自動織機

9

3.-1) 適用事例

10 / 39



耐久性に問題は無く、従来冷却と比較して寿命も向上

TOYOTA 株式会社 豊田自動織機

10

3.-2) 3DP導入

11 / 39

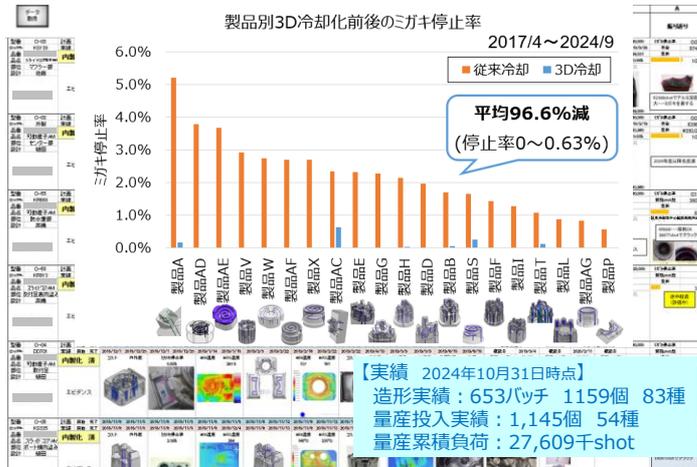
This section introduces 3DP technology. It features several images and text boxes: '大きな効果が得られた' (Large effects were achieved), '自事業部のため適用しやすい' (Easy to apply for our own department), 'LT短縮・製作コスト低減' (Lead time reduction and cost reduction), '3D冷却に適した製品群' (Product groups suitable for 3D cooling), 'サイズがちょうどいい' (Size is just right), and '2018年9月に3DPを導入' (Introduced 3DP in September 2018). The EOS M290 machine is shown with its dimensions (300x250x250) and the text 'EOS GmbH ホームページより' (From EOS GmbH homepage).

TOYOTA 株式会社 豊田自動織機

11

3.-3) 3DP活用実績

12 / 39



12

4. 課題

14 / 39

3DPの課題一覧

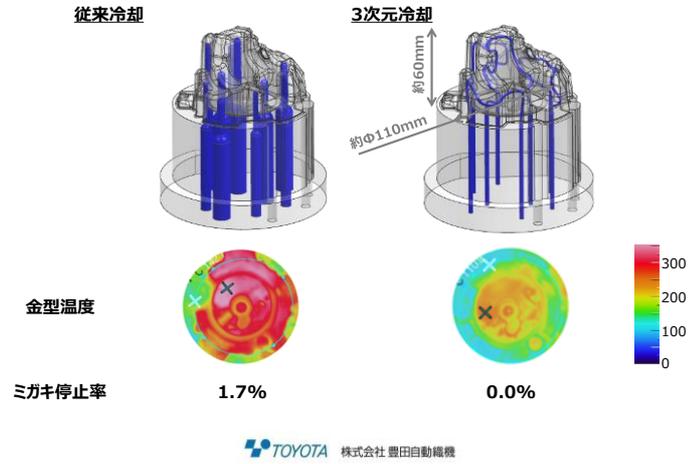
課題	対策	結果
造形後割れ	造形界面にR追加	○ 対策後発生無し
冷却回路詰まり (型製作時)	エアによる粉除去忘れ ⇒造形後に3Dモデルで水路を確認し、エア通過確認と記録	○ 対策後発生無し
冷却回路詰まり (量産中)	水質管理不足 ⇒シリカバクテテストと電気伝導度で管理	○ 対策後発生無し
形状摩耗	蒸発による冷却不足 ⇒増圧冷却により流量を確保	○ 対策後発生無し
量産中の亀裂 (水漏れ)	靱性低い ⇒硬度変更で靱性向上	現在取り組み中 寿命約22000shot ⇒約6000shot
設計工数が多い	目標の温度に入るまで設計・解析の繰り返し ⇒水路の自動最適化設計	現在取り組み中
特化則対応が必要 外為法リスト規制対象	粉末材料の変更を検討中 ⇒SKD61造形 コバルトレスマル鋼造形	現在取り組み中

TOYOTA 株式会社 豊田自動織機

14

3.-3) 3DP活用実績

13 / 39



13

4.-1) 冷却回路詰まり (量産時)

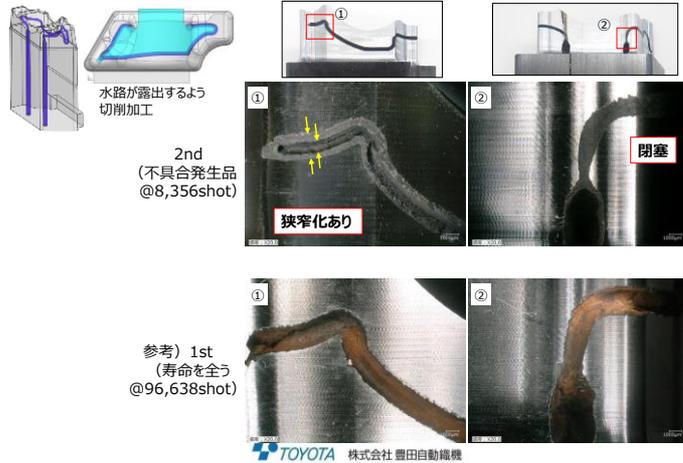
15 / 39



15

4.-1) 冷却回路詰まり (量産時)

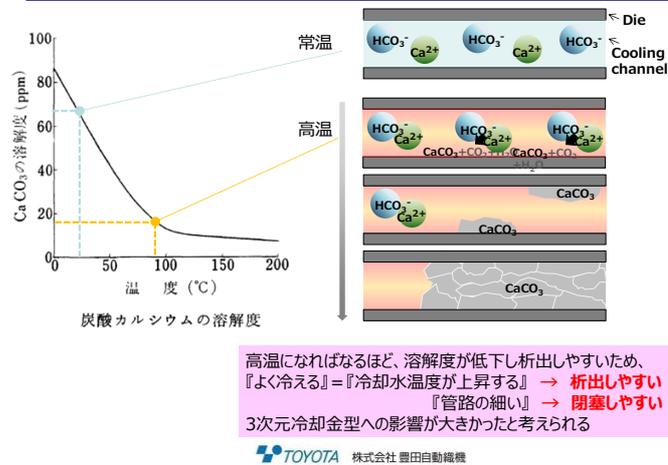
16 / 39



16

4.-1) 冷却回路詰まり (量産時)

18 / 39

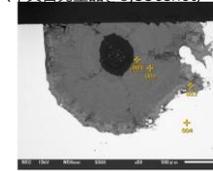


18

4.-1) 冷却回路詰まり (量産時)

17 / 39

2nd (不具合発生品@8,356shot)

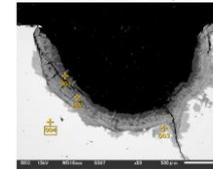


成分分析結果 (単位: 質量%)

	C	O	Mg	Si	Ca	Ti	Mn	Fe	Co	Ni	Zn	Mo
001	8.8	35.6	0.5	2.6	23.8	--	--	3.5	--	--	0.9	--
002	11.6	37.8	3.2	9.4	29.9	--	--	4.7	--	--	2.4	--
003	14.7	30.3	3.1	16.0	4.9	--	0.6	9.7	--	--	17.4	3.1
004	4.8	--	--	--	--	0.8	--	63.7	8.5	17.4	--	4.8

母材

参考) 1st (寿命を全う@96,638shot)



成分分析結果 (単位: 質量%)

	C	O	Mg	Si	Ca	Ti	Mn	Fe	Co	Ni	Zn	Mo
001	10.6	19.9	--	1.3	1.4	--	--	45.3	--	2.6	3.1	--
002	5.9	19.5	--	1.3	--	--	1.5	29.6	2.5	3.2	9.1	2.5
003	3.9	16.9	--	--	--	1.0	--	44.7	6.3	16.8	--	10.4
004	3.7	--	--	--	--	0.6	--	64.0	8.8	17.7	--	5.2

母材

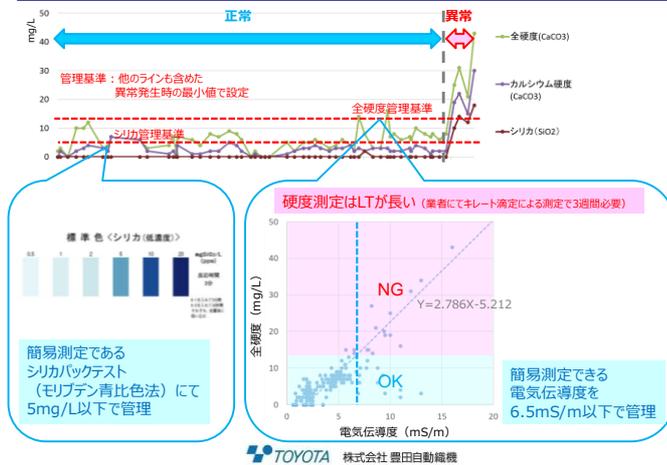
- 水路閉塞となった不具合発生品は炭酸カルシウムやシリカなどが堆積しているものと推定
- 正常品の堆積物は主に鉄や亜鉛の酸化物と推定
- 堆積物の特徴が異なるため、水路閉鎖金型とは異なる現象が生じていたと考えられる

TOYOTA 株式会社 豊田自動織機

17

4.-1) 冷却回路詰まり (量産時)

19 / 39



19

4.-1) 冷却回路詰まり (量産時) _その他

放置後発生

閉塞部
変形

生産中に約4か月放置後冷却回路の閉塞を発見

水路内詰り物質

量産中_流量低下

金型整備時 通水量の推移

流量20%減

8か月

アルミ溶着発生

量産開始から8か月 (33,000st) 使用通水量が、初期流量より2.0%低下

※3DP金型は金型整備時に流量を測定・記録し (約3000shot毎)、20%以上低下すると連絡あり

・流量低下が見られるのは量産投入金型340部品中、4部品のみ (発生率1.2%)

流量低下の原因 (水路内詰り物質、詰まりやすさ) と流量回復方法を調査中

SEM-EDX結果 (単位:質量%)

	O	Ti	Fe	Co	Ni	Mo
水路内詰り物質	19.3	-	58.7	9.1	12.6	0.2
新品粉末	38.4	-	40.5	5.9	14.3	0.9
新品粉末	1.3	1.4	82.7	8.5	17.0	3.7

「鑄造後水路内に残留した冷却水で発生した錆が、長期保管中に結合・凝集し、回路を閉塞した」と推定

鑄造間隔と水路詰まり (間隔1か月以上のみ)

連続未使用期間90日以下で水抜き&エア-通過確認 (60日経過で作業指示)

→ルール適用後、再発なし (300部品) (2021/11/3~2024/9/3)

TOYOTA 株式会社 豊田自動織機

4.-1) 冷却回路詰まり (量産時) _流量回復方法

化学洗浄 ご協力: (株)日本精機様

通水不良品の管路異物成分分析

錆によるつまり
↓
薬品洗浄実施

金型冷却水管用スケール除去メンテナンス N-SR004を廃棄金型にてテスト

	経理前	60分	120分
外観			
スケール肉厚 x40			

母材を損なうことなく錆のみ除去を確認

通水不良により廃棄予定だった金型を新品レベルにまで流量回復を確認

その後、ほぼ同じ期間流量を保ち寿命を2倍に向上

号口通水不良品回復テスト

初期流量比率 (%)

初期

回復

NG

初期流量80%以下で使用禁止

化学洗浄実施

TOYOTA 株式会社 豊田自動織機

4.-2) 金型クラックによる水漏れ

金型クラックによる水漏れでの短寿命例

事例1

約21,000shot



水路内壁でクラックが発生し、金型表面まで進展し、水漏れが発生

事例2

約17,000shot



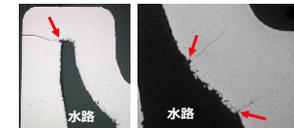
金型表面でクラックが発生し、水路まで進展し、水漏れが発生

低ショット数でのクラックによる水漏れが頻発
⇒クラックの「発生抑制」と「進展抑制」が必要

4.-2) 金型クラックによる水漏れ

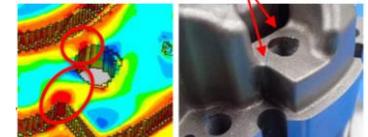
クラック発生要因と対策例

(1) 水路内壁の凹凸による応力集中



水路凹部にクラックが発生し、進展している

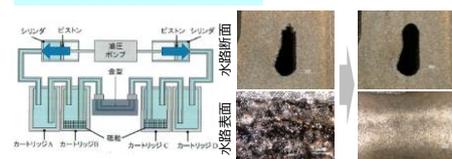
(2) 造形時の残留応力



残留応力が高い部分でクラックが発生している

最適な造形条件を模索中

流体研磨による水路内壁平滑化



部位によっては過剰に研磨されてしまう
⇒研磨方法検討中

4.-2) 金型クラックによる水漏れ

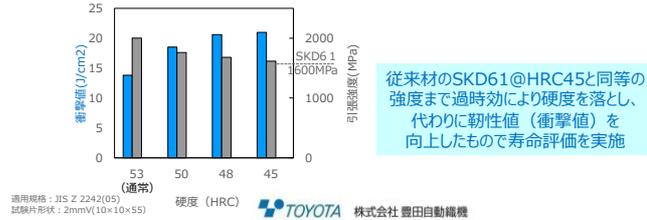
24 / 39

クラック進展抑制

4.-2) 形状変化による寸法NG



硬度による靱性と強度

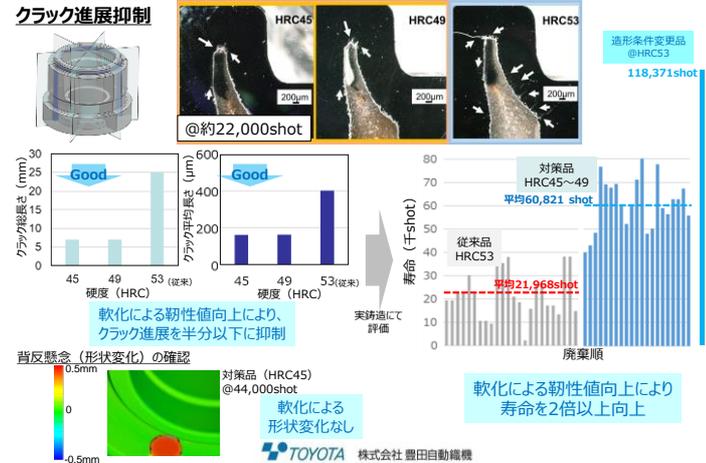


24

4.-2) 金型クラックによる水漏れ

25 / 39

クラック進展抑制



25

4.-2) 金型クラックによる水漏れ

26 / 39

	従来品	造形条件変更品
硬度 (Hrc)	55.3	56.0
寿命 (shot)	38,729	118,371
断面		
積層ピッチ (μm)	50	20

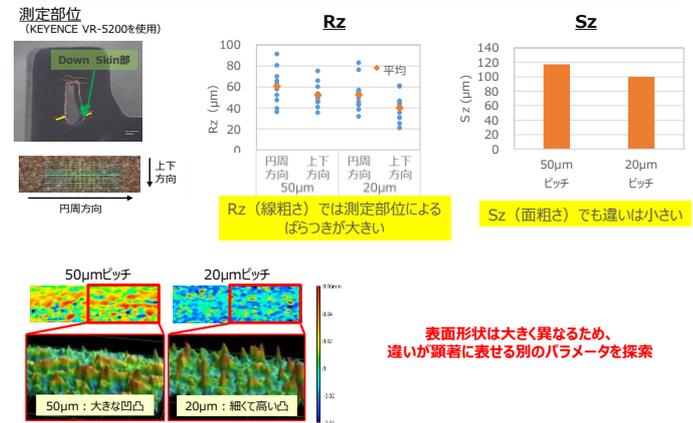
積層ピッチ50μmと比較して20μmのものはクラックが少ない (約3倍使用しているにも関わらず)

TOYOTA 株式会社 豊田自動織機

26

4.-2) 金型クラックによる水漏れ

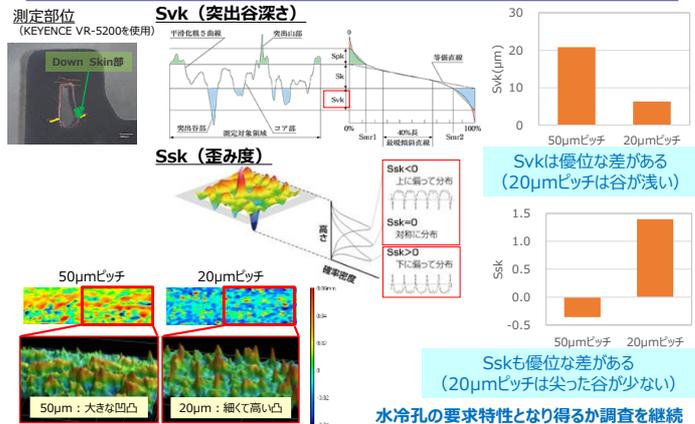
27 / 39



27

4.-2) 金型クラックによる水漏れ

28 / 39



28

5.-2) さらなる生産性向上_3DP金型+離型剤原液少量塗布

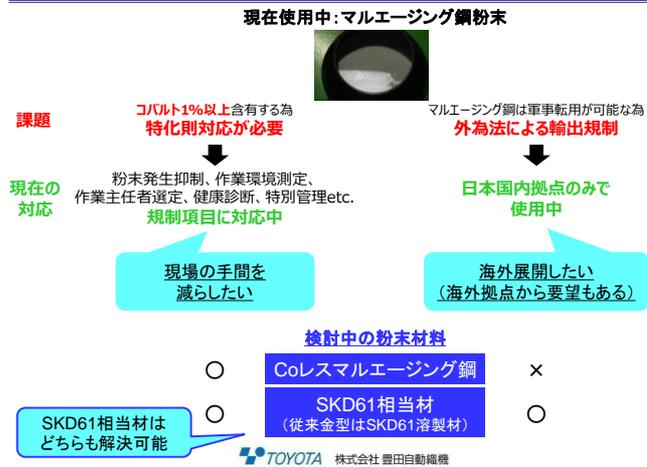
29 / 39

	従来冷却	3次元冷却
内部冷却	 冷却能力不足・不均一	 冷却能力十分・均一
外部冷却	 離型剤を水で希釈 (65倍) し、 大量に吹きかけ冷却補助。 過熱部位はさらに吹きかける。	 離型剤原液のみを均一に塗布
エアブロー	水残り除去のため必要	不要

29

6.-1) 粉末ベンチマーク

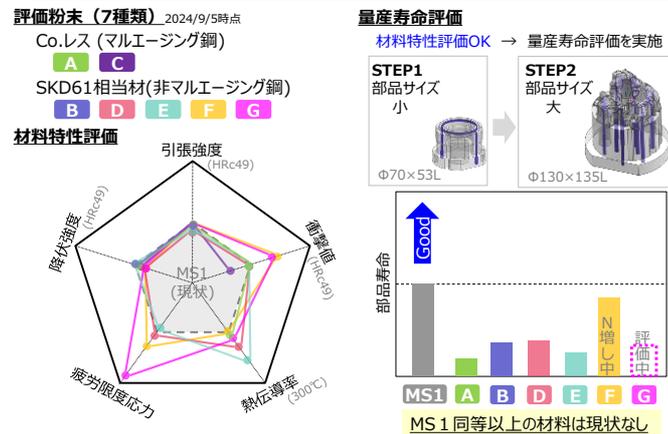
36 / 39



30

6.-1) 粉末ベンチマーク

37 / 39



31

以上

(ご参考) eos toyota X Q



EOS × NTTデータザムテクノロジーズ × 豊田自動織機
3社合同製作動画

