

ダイカスト製品におけるドリル加工の抜け際バリの低減

株式会社アーレスティプリテック

加工技術課 野寄 貴康

1. はじめに

弊社では自動車のアルミダイカスト製品の切削加工を主に行っている。切削加工とは工作機械、切削工具を用いて切粉を出しながら所定の寸法形状、及び表面精度に仕上げるための加工方法である。さまざまな切削加工方法がある中で、本改善活動ではドリル加工について取り組んだ。

近年の自動車産業は自動車の電動化、CASE と MaaS に代表されるようなモーター、インバータ、バッテリー等の電動化部品が急増している。

電動化部品はコンタミや異物付着に対する要求品質が非常に高い。切削加工を行うと必ずバリが発生するが、コンタミや異物の原因となるので根本から抑える必要がある。

2. 現状把握

2.1 バリとは

バリとは「機械加工後のかどのエッジの残留物」と定義されている。

図1の赤印部がバリと言われる部分である。図2は実際のバリの写真である。

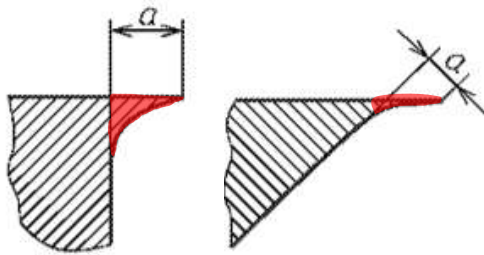


図1. バリの例

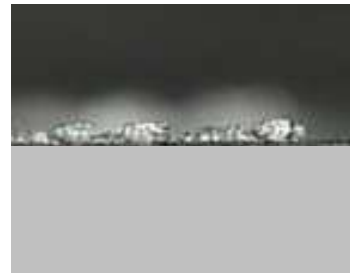


図2. 抜け際バリの写真

2.2 バリ発生メカニズム

ドリル加工におけるバリの大半は【ロールオーバーバリ】と呼ばれるもので、ドリルが貫通する際に最後の切残しが押し倒されて生じる。

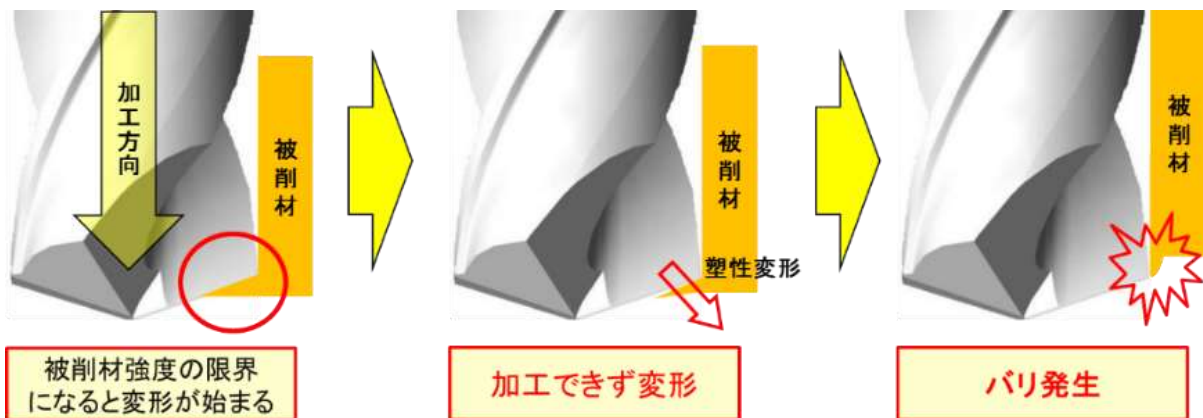


図3. バリ発生メカニズム

2.3 量産品のバリ発生状況

量産品におけるバリの発生状況を確認した。形状も大きさも異なっており、ヒストグラムも正規分布していない。

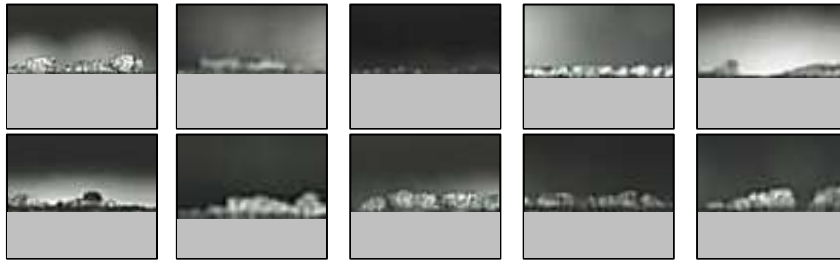


図 4. 抜け際バリの写真

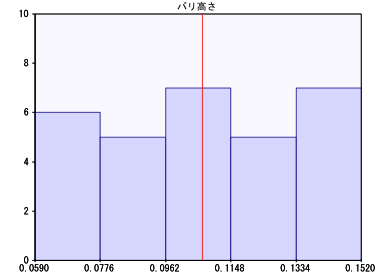


図 5. バリ高さのヒストグラム

3. 目標設定

加工バリ高さ 0.15mm の規格に対して $C_p \geq 1.67$ 以上を目標とする。

これを達成するために平均値とばらつき（標準偏差）を両方抑える対策をしていく。

4. 要因解析

4.1 バリの平均値に対する特性要因図

刃物では①先端肩形状②先端角が小さい③ネジレ角が弱い④刃先処理、加工条件では①送り②周速、素材では①鑄抜き穴の 7 項目を主な要因とした。

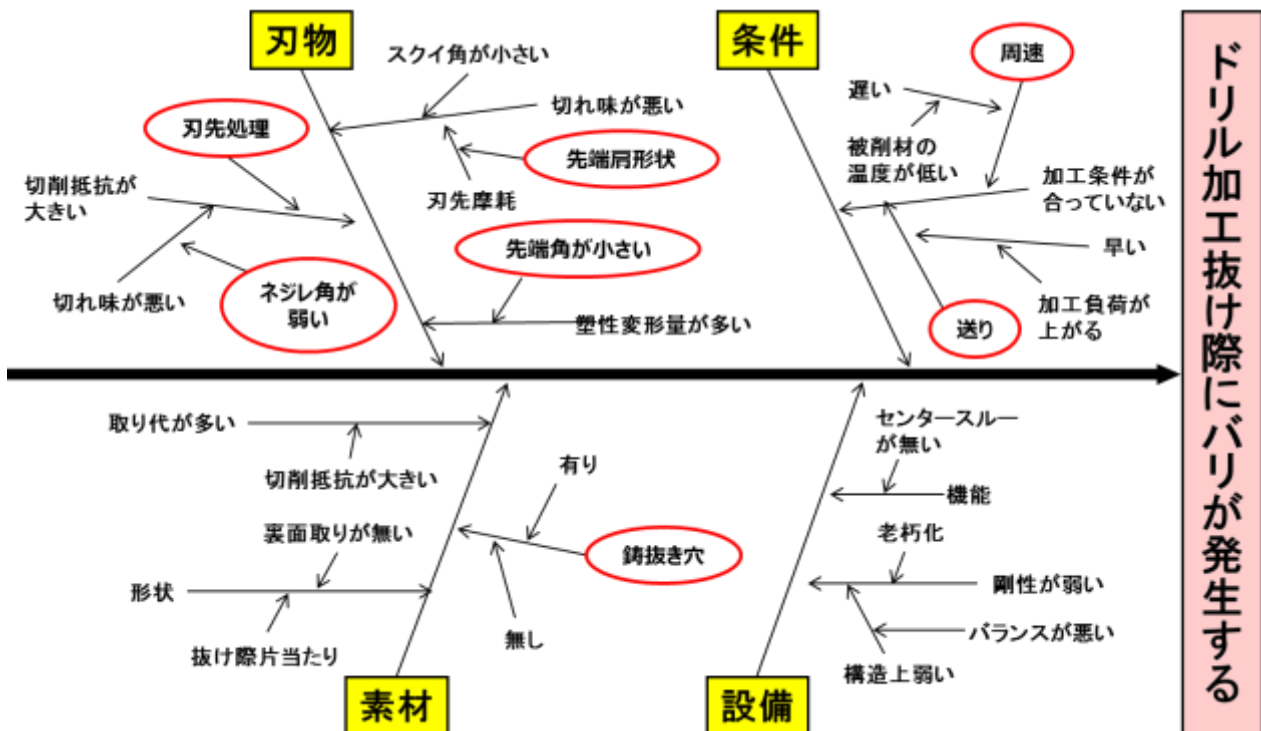


図 6. 平均値に対する特性要因図

4.2 バリのばらつきに対する特性要因図

刃物では①構成刃先、条件では①送り②周速の 3 項目を主な要因とした。

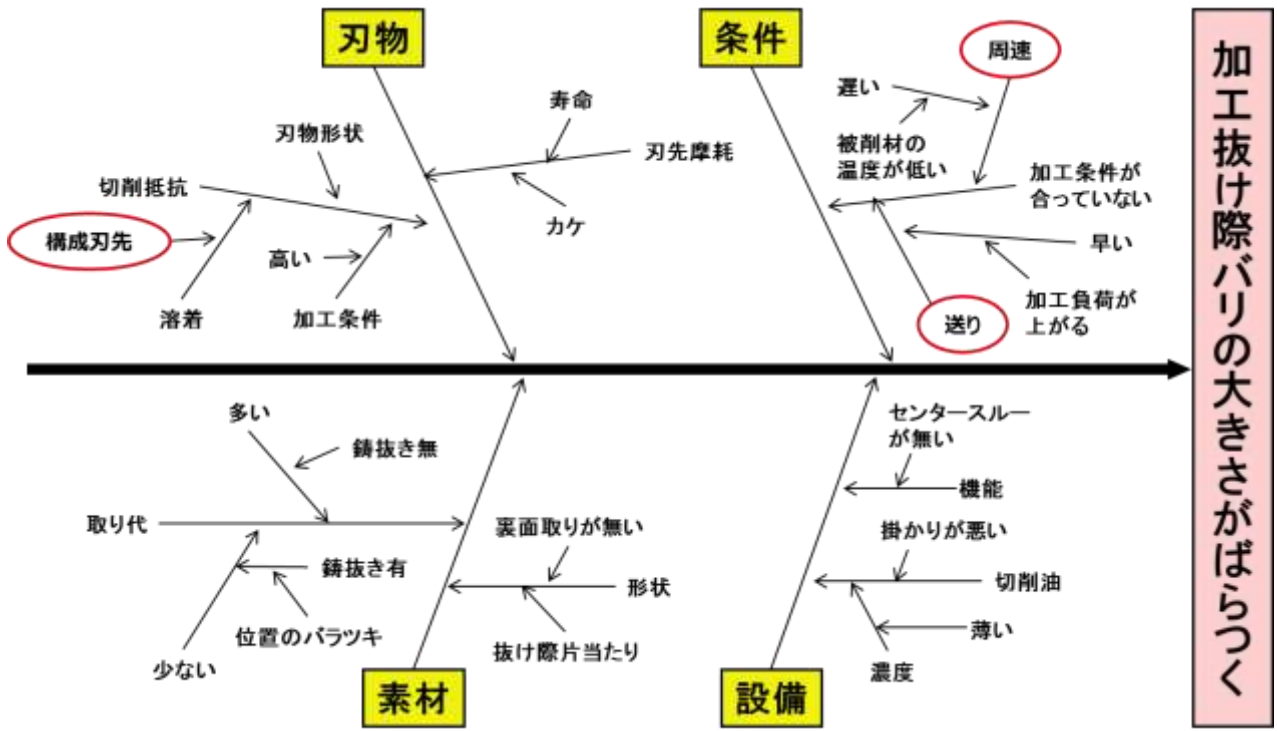


図 7. ばらつきに対する特性要因図

4.3 抽出した要因とその目論見

主要因と検証内容、目論見を表 1 に示す。

表 1. 形状変更による作用

要因	検証内容	目論見
先端肩形状	先端肩形状の違いによるバリの出方の検証	先端肩形状を変えることで、素材に掛かるスラスト力を分散し切残しを減らす
先端角	先端角の違いによるバリの出方の検証	先端角を変えることで、素材に掛かるスラスト力の方向を変え押し倒しを減らす
ネジレ角	ネジレ角の違いによるバリの出方、ばらつきの検証	ネジレ角を変えることで、切味を上げ切削抵抗を減らす事で切残しを減らす 構成刃先を制御しばらつきを減らす
刃先処理	刃先処理の違いによるバリの出方の検証	刃先処理を変えることで、切削抵抗を下げ切残しを減らす 構成刃先を制御しばらつきを減らす
コーティング	コーティング有無によるバリの出方、ばらつきの検証	コーティングすることで、構成刃先を制御しばらつきを減らす
送り	送りの違いによるバリの出方、ばらつきの検証	送りを変化させることで、切取量が減り切削抵抗を下げ切残しを減らす
周速	周速の違いによるバリの出方、ばらつきの検証	周速を変化させることで、発熱量を下げ切残しを減らす
鑄抜き穴	鑄抜き有無によるバリの出方の検証	取り代を変化させることで、切削抵抗を下げ切残し、押し倒しを減らす

4.4 実験計画・実施

抜け際バリに影響を及ぼすと考えられる要因について検証した。アルミプレートを用意し L16 直交実験を行った。ここで考慮する交互作用は A×B、A×C、A×G、B×C、G×H である。因子と水準を表 2 に示す。

表 2. 実験内容表

因子	水準	
	1	2
A 先端肩形状	A1	A2
B 先端角	B1	B2
C ネジレ角	C1	C2
D 刃先処理	無	有
F コーティング	F1	F2
G 送り (mm/rev)	大	小
H 周速 (m/min)	大	小
I 鑄抜き	I1	I2

4.5 実験結果の解析

有意水準は1%とする。平均値の実験結果を図8と表3に示す。因子C、因子D、因子G、因子Hが1%で有意となった。因子GHについては交互作用が見られる。

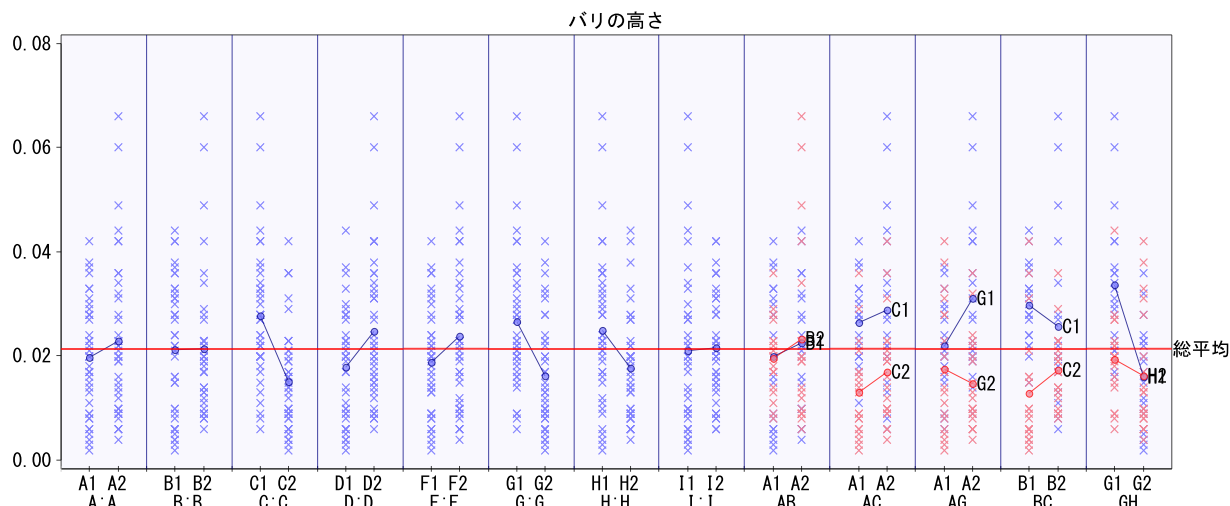


図8. データプロット

表3. プーリング後の分散分析表

No	要因	平方和	自由度	分散	分散比	検定	P値 (上側)	寄与率
1	A:A	0.00020	1	0.00020	3.387		0.125	1.040
2	B:B	0.00000	1	0.00000	0.014		0.912	0.000
3	C:C	0.00320	1	0.00320	54.625	**	0.001	23.352
4	H:H	0.00101	1	0.00101	17.208	**	0.009	7.058
5	D:D	0.00097	1	0.00097	16.488	**	0.010	6.745
6	F:F	0.00048	1	0.00048	8.196	*	0.035	3.134
7	G:G	0.00216	1	0.00216	36.921	**	0.002	15.643
8	BC	0.00036	1	0.00036	6.166		0.056	2.250
9	GH	0.00107	1	0.00107	18.191	**	0.008	7.486
10	AG	0.00073	1	0.00073	12.494	*	0.017	5.006
11	誤差	0.00029	5	0.00006	1.256		0.294	0.444
12	測定誤差	0.00298	64	0.00005				27.843
13	計	0.01345	79					

次にばらつきの実験結果を図9と表4に示す。因子A、因子G、因子Hが1%で有意となった。

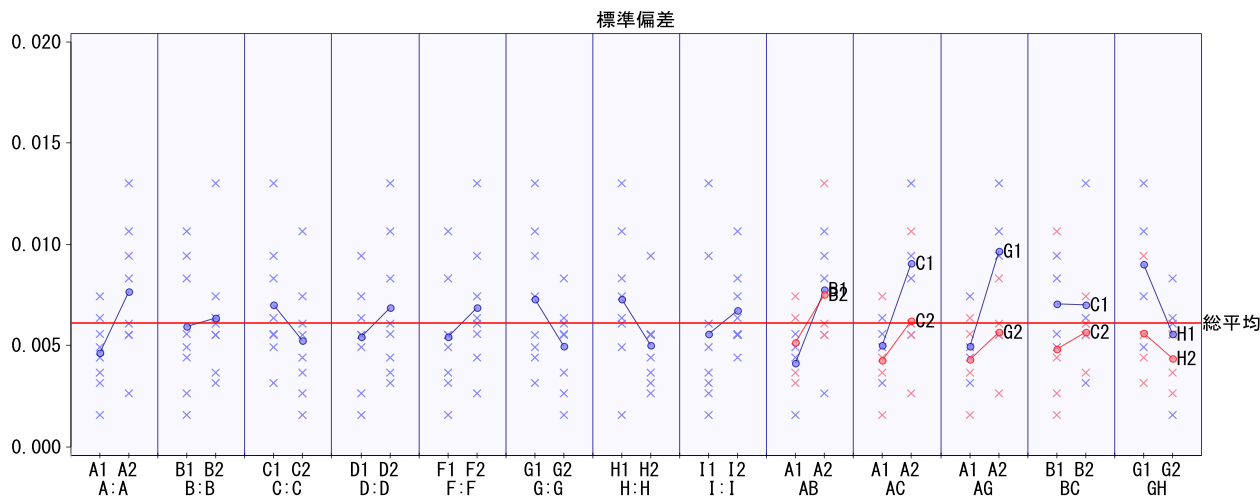


図9. データプロット

表 4. プーリング後の分散分析表

No	要因	平方和	自由度	分散	分散比	検定	P値 (上側)	寄与率
1	A:A	J.000036217	1	.000036217	61.088	**	0.004	25.823
2	B:B	J.000000639	1	.000000639	1.078		0.376	0.033
3	C:C	J.000012691	1	.000012691	21.407	*	0.019	8.770
4	H:H	J.000020998	1	.000020998	35.418	**	0.009	14.791
5	D:D	J.000008239	1	.000008239	13.896	*	0.034	5.542
6	F:F	J.000008507	1	.000008507	14.349	*	0.032	5.737
7	I:I	J.000005372	1	.000005372	9.062		0.057	3.464
8	G:G	J.000021832	1	.000021832	36.825	**	0.009	15.396
9	AB	J.000001600	1	.000001600	2.699		0.199	0.730
10	AC	J.000004432	1	.000004432	7.475		0.072	2.783
11	GH	J.000004618	1	.000004618	7.789		0.068	2.918
12	AG	J.000011032	1	.000011032	18.607	*	0.023	7.567
13	誤差	J.000001779	3	.000000593				6.446
14	計	J.000137957	15					

4.6 実験結果のまとめ

実験結果のまとめを表5に示す。

◎目論見通りの点

- ・ネジレ角を大きくするとバリは小さくなる。
- ・刃先処理を無くすとバリは小さくなる。
- ・送りを落とすとバリは小さくなりばらつきが減る。
- ・周速を落とすとバリは小さくなりばらつきが減る。

◎目論見との相違点

- ・先端肩形状を変えてもバリの高さは変わらない。
- ・先端角を変えてもバリの高さとはらつきは変わらない。
- ・コーティングの有無によってバリの高さ、ばらつきは変わらない。
- ・鋳抜き穴の有無によってバリの高さ、ばらつきは変わらない。

表 5. 刃具形状変更による作用まとめ

要因	検証内容	目論見	バリ高さ 結果	ばらつき 結果
先端肩形状	先端肩形状の違いによるバリの出方の検証	先端肩形状を変えることで、素材に掛かるスラスト力を分散し切残しを減らす	×	○
先端角	先端角の違いによるバリの出方の検証	先端角を変えることで、素材に掛かるスラスト力の方向を変え押し倒しを減らす	×	×
ネジレ角	ネジレ角の違いによるバリの出方、ばらつきの検証	ネジレ角を変えることで、切味を上げ切削抵抗を減らす事で切残しを減らす 構成刃先を制御しばらつきを減らす	○	×
刃先処理	刃先処理の違いによるバリの出方の検証	刃先処理を変えることで、切削抵抗を下げ切残しを減らす 構成刃先を制御しばらつきを減らす	○	×
コーティング	コーティング有無によるバリの出方、ばらつきの検証	コーティングすることで、構成刃先を制御しばらつきを減らす	×	×
送り	送りの違いによるバリの出方、ばらつきの検証	送りを変化させることで、切取量が減り切削抵抗を下げ切残しを減らす	○	○
周速	周速の違いによるバリの出方、ばらつきの検証	周速を変化させることで、発熱量を下げ切残しを減らす	○	○
鋳抜き穴	鋳抜き有無によるバリの出方の検証	取り代を変化させることで、切削抵抗を下げ切残し、押し倒しを減らす	×	×

4.7 最適水準組合せでの確認実験

推定を行ったところ、因子 A、G、H において最適水準は平均値とばらつきでそれぞれ異なる水準となった。今回の目標を達成するためには平均値とばらつきを抑える必要があるため、因子 A、G、H 各水準の中間値にて確認実験を行った。なお、表 3、表 4 において因子 A1、G2、H2 はバリ高さ、ばらつきに関して高度に有意だが、推定結果と生産性の維持管理を考慮して各水準の中間値とした。また、量産加工を考慮して鑄抜き穴有無を因子に加え、層別ヒストグラムを描いた。

確認実験の結果を図 10 と表 6 に示す。バリの最大値とばらつきは、共に推定の結果の中間付近の値となった。Cp \geq 1.67 となっており狙い通りの結果が得られた。

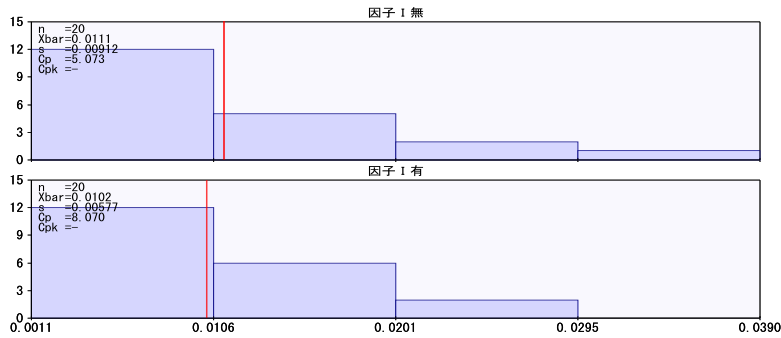


図 10. 確認実験結果のヒストグラム

表 6. 確認実験結果

	因子 I 無	因子 I 有
1 変数番号	2	3
2 データ数	20	20
3 最小値	0.001	0.002
4 最大値	0.039	0.022
5 平均値	0.0111	0.0102
6 標準偏差	0.00912	0.00577
7 ひずみ	1.653	0.793
8 とがり	3.365	0.197
9 上限規格値	0.150	0.150
10 下限規格値	-	-
11 Cp	5.073	8.070
12 Cp k	-	-
13 規格外データ数	0	0

5. 効果の確認

5.1 バリ高さ確認

対策前のバリ高さは平均 0.16mm であったが、対策後は平均 0.027mm となった。データ数は少ないが有意となったため、対策は有効と判断する。

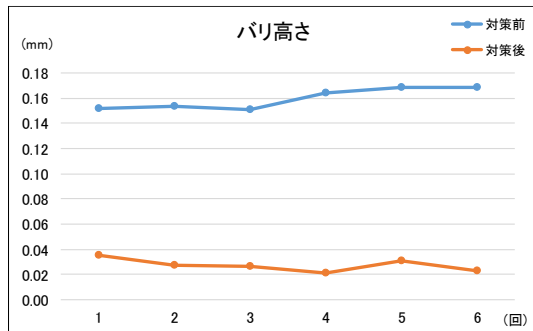
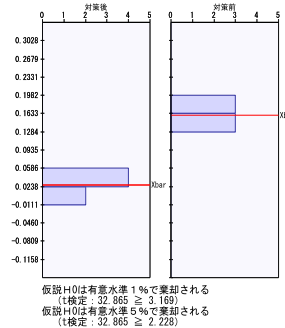


図 11. バリ高さのグラフ



変数名	対策後	信頼率	95 %
データ数	6	下限値	上限値
平均値	0.02703	0.02155	0.03251
分散	0.00027	0.000011	0.000164
標準偏差	0.005222		
自由度	5		
変数名	対策前		
データ数	6		
平均値	0.16002	0.15118	0.16886
分散	0.00071	0.000028	0.000427
標準偏差	0.008424		
自由度	5		
平均値の差	-0.13298	-0.14200	-0.12397
差の自由度	10		
母標準偏差	未知		
帰無仮説 H0	$\mu_1 = \mu_2$		
対立仮説 H1	$\mu_1 \neq \mu_2$		
	有意水準 1%	有意水準 5%	
検定方法	t検定	t検定	
統計量	-32.865	-32.865	
検定の自由度	10	10	
P値 (両側)	0.000	0.000	

図 12. バリ高さの検定結果

5.2 量産ラインへの展開

量産ラインにて対策ドリルを使用した。約 10,000 台加工し Cp \geq 1.67 を満たしている。現在も継続して加工を行いバリの出方、刃具寿命の見極めを行っていく。

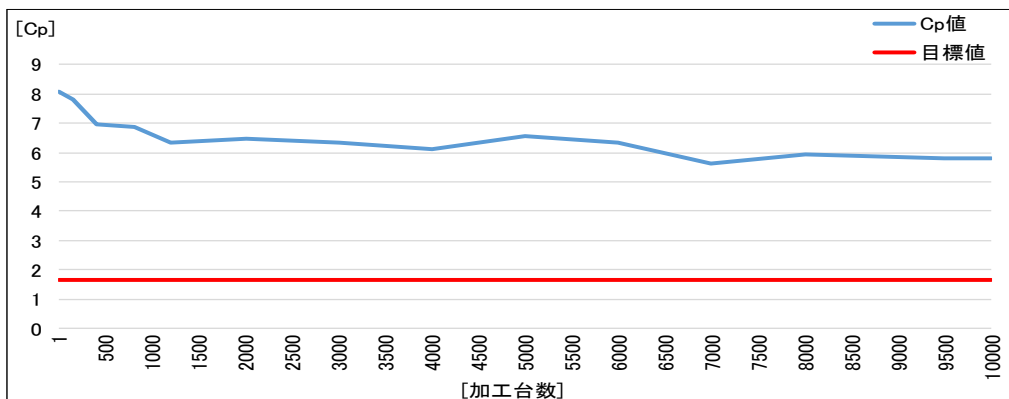


図 13. 対策後の Cp 値推移

参考文献

- (1) 棟近雅彦[編著]奥原正夫[著] JUSE-StatWorks による QC 七つ道具, 検定・推定入門【第 2 版】
日科技連出版, 2016
- (2) 棟近雅彦[編著]奥原正夫[著] JUSE-StatWorks による実験計画法入門【第 2 版】
日科技連出版, 2016
- (3) 奥原正夫 統計的品質管理 (SQC) 速習コース 株式会社日本科学技術研修所, 2017
- (4) JIS-B-0051 製図-部品のエッジ-用語及び指示方法

本著作物は原著作者の許可を得て、株式会社日本科学技術研修所（以下弊社）が掲載しています。本著作物の著作権については、制作した原著作者に帰属します。

原著作者および弊社の許可なく営利・非営利・イントラネットを問わず、本著作物の複製・転用・販売等を禁止します。

所属および役職等は、公開当時のものです。

■公開資料ページ

弊社ウェブページで各種資料をご覧ください <http://www.i-juse.co.jp/statistics/jirei/>

■お問い合わせ先

(株)日科技研 数理事業部 パッケージサポート係 <http://www.i-juse.co.jp/statistics/support/contact.html>