

面圧を考慮した最適型締力 の計算方法とその応用

2026-01-14 SL/神谷

教科書の方程式

型締力： F_c

$$F_c \geq F_i \times C_l$$

射出圧力： P_{i1-5}

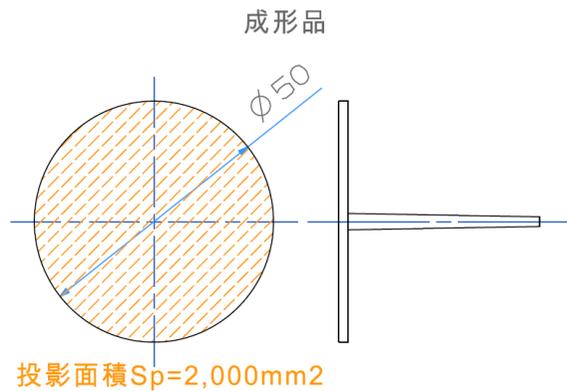
成形品部平均射出圧力： P_{iavg}

投影面積： S_p

型開力： F_i

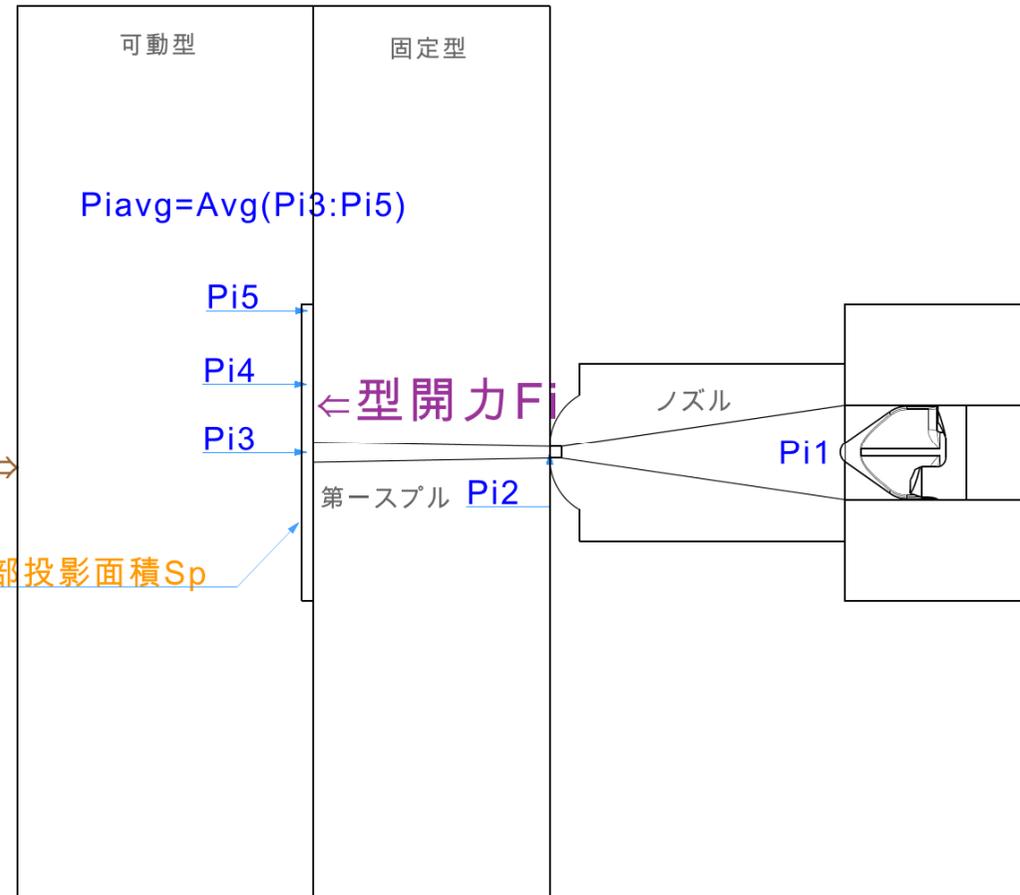
$$F_i = S_p \times P_{iavg}$$

漏れ安全率： C_l



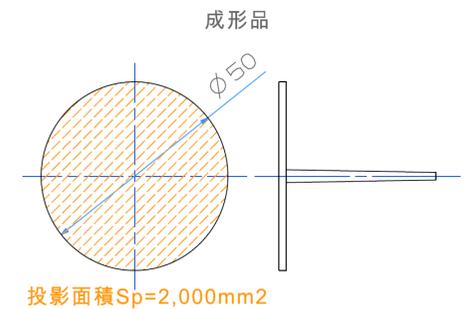
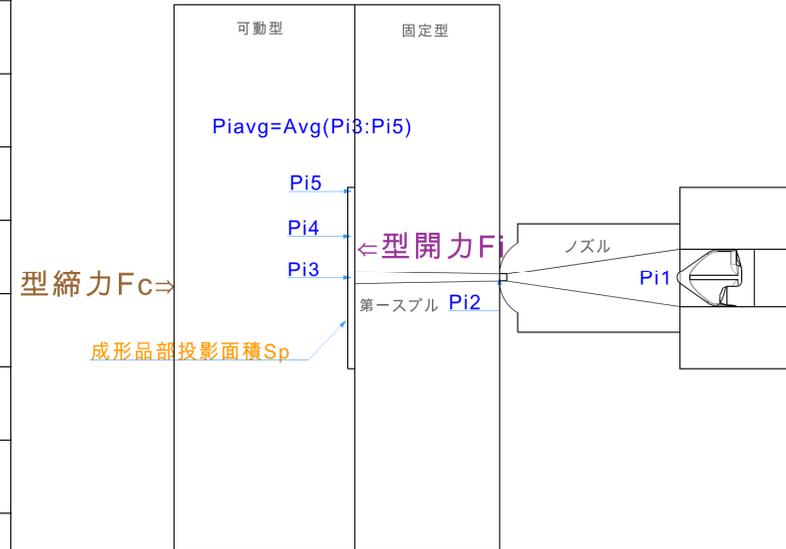
型締力 $F_c \Rightarrow$

成形品部投影面積 S_p

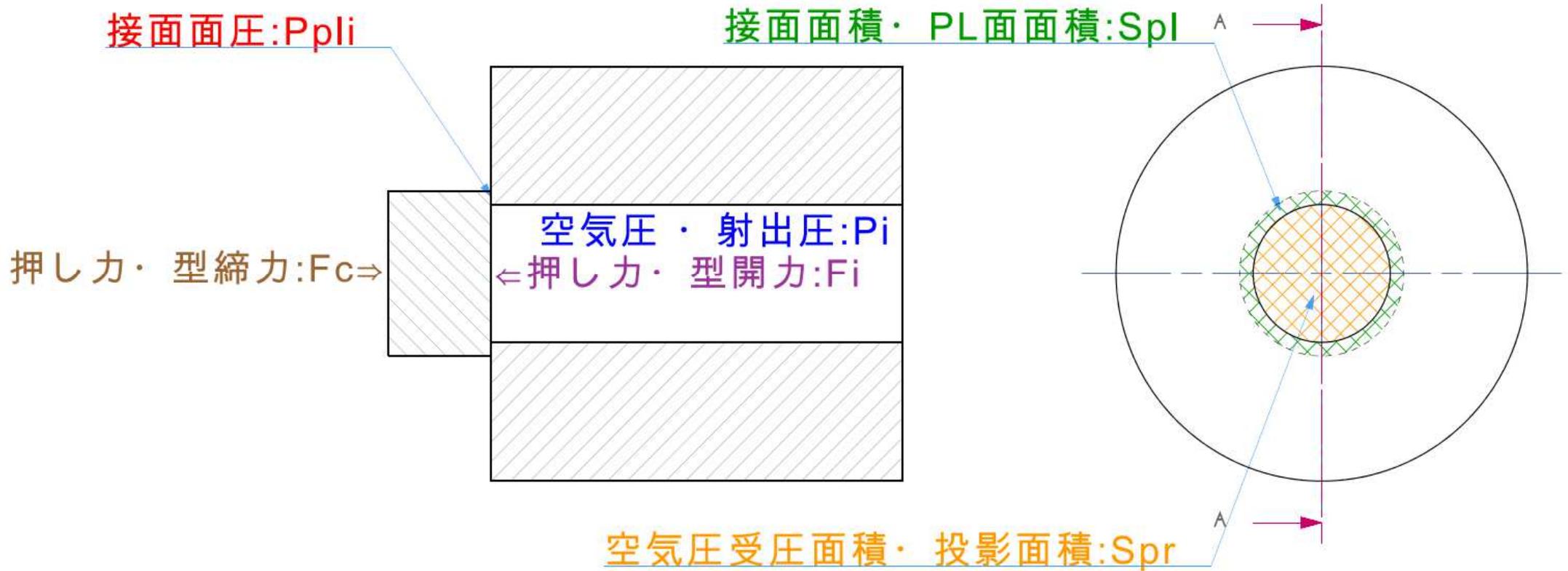


教科書の方程式

| 項目 | 記号 | 式 | 数値 | 単位 |
|----------|-------|--------------------|--------|-----------------|
| 投影面積 | Sp | | 2,000 | mm ² |
| 射出圧力1 | Pi1 | | 100 | Mpa |
| 射出圧力2 | Pi2 | | 80 | Mpa |
| 射出圧力3 | Pi3 | | 60 | Mpa |
| 射出圧力4 | Pi4 | | 40 | Mpa |
| 射出圧力5 | Pi5 | | 20 | Mpa |
| 成形品部平均圧力 | Piavg | =Avg(Pi3:Pi5) | 40 | Mpa |
| 型開力 | Fi | Sp x Piavg / 9.807 | 8,157 | kgf |
| 漏れ安全率 | Cl | | 1.5 | n/a |
| 型締力 | Fc | Fi x Cl | 12,236 | kgf |



接面漏れと接面面圧



接面漏れと接面面圧

接面面圧: P_{pli}

接面積・PL面面積: S_{pl}

$$P_{pli} = (F_c - F_i) \div S_{pl}$$

押し力・型締力: $F_c \Rightarrow$

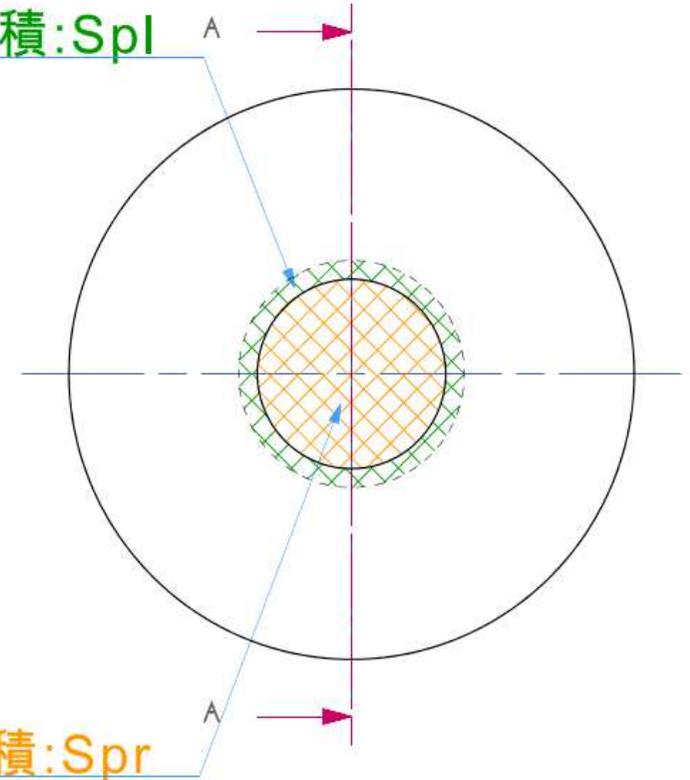
空気圧・射出圧: P_i
 \leftarrow 押し力・型開力: F_i

$$F_i = S_p \times P_i$$

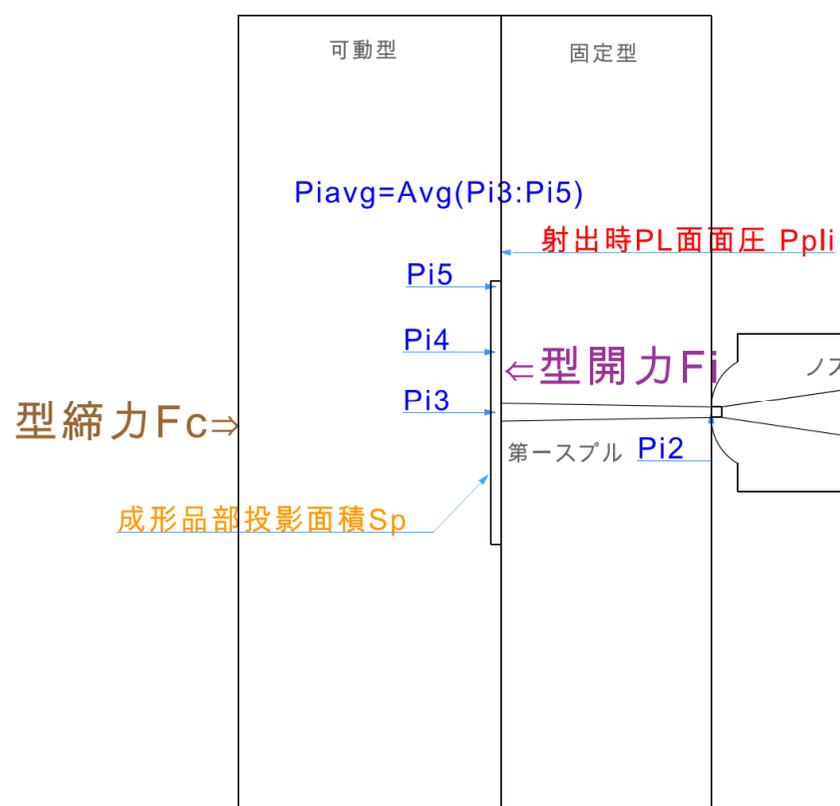
$P_i < P_{pli}$ 接面漏れ無し

$P_i > P_{pli}$ 接面漏れ有り

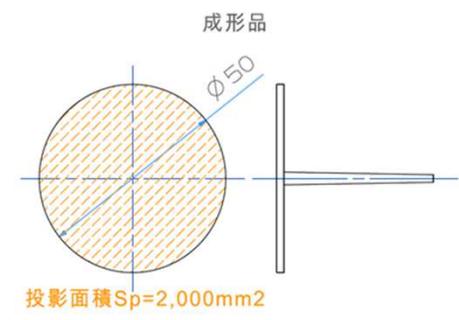
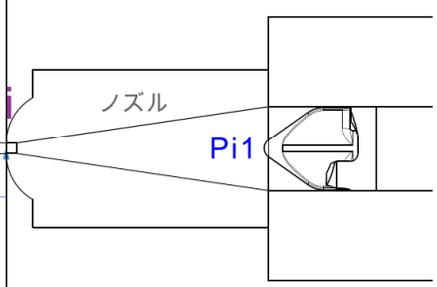
空気圧受圧面積・投影面積: S_{pr}



PL面面圧



$P_{i5} < P_{pli}$ バリなし
 $P_{i5} > P_{pli}$ 接面漏れによるバリ発生



接面漏れを起こすと投影面積増加によりさらに悪化する。

射出時PL面面圧の計算

型締力： F_c

型開力： F_i

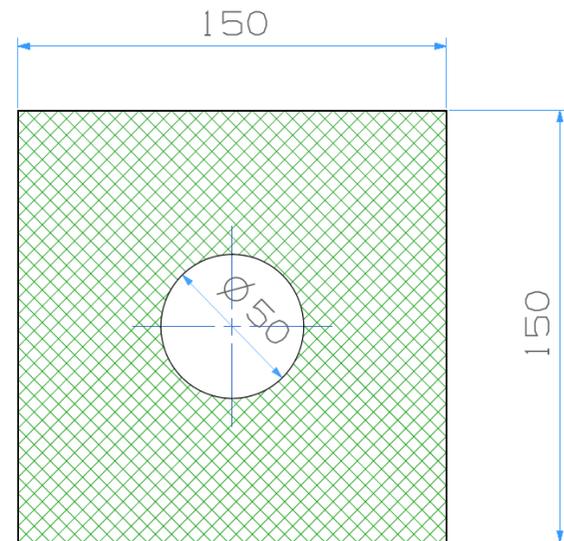
型締残力： F_{cb}

PL面面積： S_{pl}

射出時PL面面圧： P_{pli}

$$F_{cb} = F_c - F_i$$

$$P_{pli} = F_{cb} \div S_{pl}$$



PL面面積 $S_{pl}=20,600\text{mm}^2$

| 項目 | 記号 | 式 | 数値 | 単位 |
|----------|-----------|-------------------------|-----------------------|-----|
| 型締力 | F_c | | 12,236kgf | |
| 型開力 | F_i | | 8,157kgf | |
| 型締残力 | F_{cb} | $F_c - F_i$ | 4,079kgf | |
| PL面面積 | S_{pl} | | 20,600mm ² | |
| 射出時PL面面圧 | P_{pli} | $F_{cb}/S_{pl} * 9.807$ | 2Mpa | |
| 射出圧力 5 | P_{i5} | | 20Mpa | |
| 漏れ安全率 | CI | P_{pli}/P_{i5} | 0.1 | n/a |

肉抜き後の射出時PL面面圧の計算

型締力： F_c

型開力： F_i

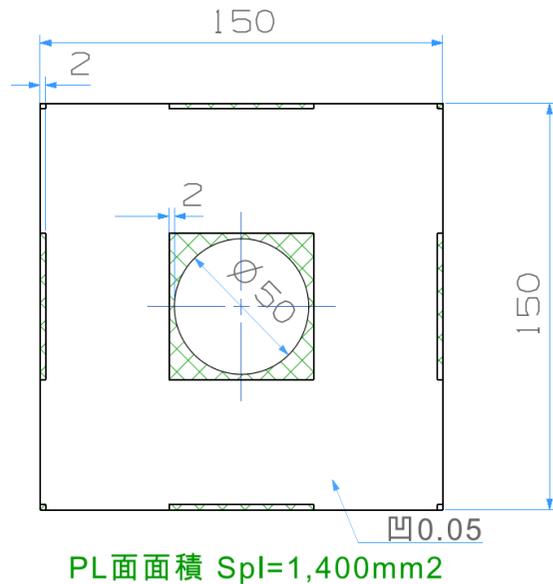
型締残力： F_{cb}

PL面面積： S_{pl}

射出時PL面面圧： P_{pli}

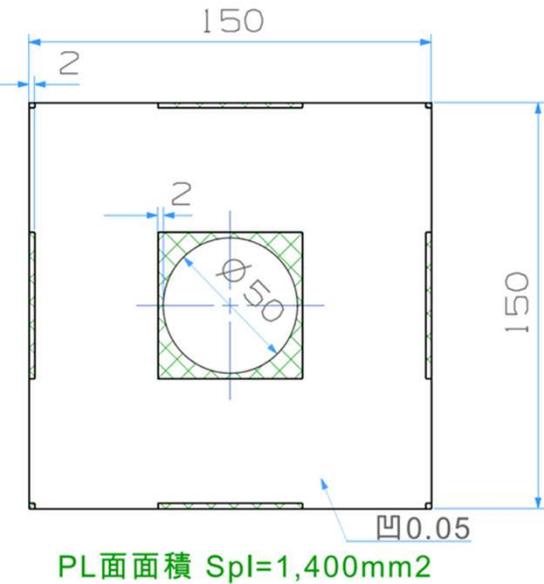
$$F_{cb} = F_c - F_i$$

$$P_{pli} = F_{cb} \div S_{pl}$$



| 項目 | 記号 | 式 | 数値 | 単位 |
|----------|-----------|-------------------------|--------|---------------|
| 型締力 | F_c | | 12,236 | kgf |
| 型開力 | F_i | | 8,157 | kgf |
| 型締残力 | F_{cb} | $F_c - F_i$ | 4,079 | kgf |
| PL面面積 | S_{pl} | | 1,400 | mm^2 |
| 射出時PL面面圧 | P_{pli} | $F_{cb}/S_{pl} * 9.807$ | 29 | Mpa |
| 射出圧力 5 | P_{i5} | | 20 | Mpa |
| 漏れ安全率 | CI | P_{pli}/P_{i5} | 1.5 | n/a |

肉抜き後の型締時PL面面圧の計算



型締力： F_c

PL面面積： S_{pl}

型締時PL面面圧： P_{plc}

型鋼材限界面圧： P_{max}

陥没安全率： C_d

$$C_d = P_{max} \div P_{plc} \geq 1.5$$

| 項目 | 記号 | 式 | 数値 | 単位 |
|----------|-----------|---------------------------|--------|-----------------|
| 型締力 | F_c | | 12,236 | kgf |
| PL面面積 | S_{pl} | | 1,400 | mm ² |
| 型締時PL面面圧 | P_{plc} | $F_c/S_{pl} \times 9.807$ | 86 | Mpa |
| 型鋼材限界面圧 | P_{max} | S55C生材 | 400 | Mpa |
| 陥没安全率 | C_d | P_{max}/P_{plc} | 4.7 | n/a |

鋼材の限界面圧データ1

https://www.khkgears.co.jp/gear_technology/pdf/gijutu.pdf

小原歯車工業（株）著「歯車技術資料」

技-82～技-85 「(3)-16許容ヘルツ応力」



(3)-16 許容ヘルツ応力 σ_{Hlim}

歯車の許容ヘルツ応力 σ_{Hlim} を表 10.12 ～ 10.16 に示します。表に示した硬さの中間値のものについては補間法で求めます。なお、歯面の硬さはピッチ円付近の硬さをいいます。

(3)-14 過負荷係数 K_O

過負荷係数 K_O は式 (10.12) 又は技-73 表 10.4 から求めます。曲げ強さの計算の場合と同じです。

(3)-15 歯面損傷（ピッチング）に対する安全率 S_{H1}

歯面損傷（ピッチング）に対する安全率 S_{H1} は、内の

表 10.12 表面硬化しない歯車

| 材 料 (矢印は参考) | 歯 面 の 硬 さ | | 引張強さ下限 kgf/mm ² (参考) | σ_{Hlim} kgf/mm ² | |
|-----------------|----------------|----------------|---------------------------------------|--|------|
| | H _B | H _V | | | |
| 鑄 鋼 | SC37 | | 37 | 34 | |
| | SC42 | | 42 | 35 | |
| | SC46 | | 46 | 36 | |
| | SC49 | | 49 | 37 | |
| | SC55 | | 55 | 39 | |
| | SC60 | | 60 | 40 | |
| 構造用炭素鋼 焼きならし | | 120 | 126 | 39 | 41.5 |
| | | 130 | 136 | 42 | 42.5 |
| | | 140 | 147 | 45 | 44 |
| | | 150 | 157 | 48 | 45 |
| | | 160 | 167 | 51 | 46.5 |
| | | 170 | 178 | 55 | 47.5 |
| | | 180 | 189 | 58 | 49 |
| | | 190 | 200 | 61 | 50 |
| | | 200 | 210 | 64 | 51.5 |
| | | 210 | 221 | 68 | 52.5 |
| | | 220 | 231 | 71 | 54 |
| | | 230 | 242 | 74 | 55 |
| | | 240 | 253 | 77 | 56.5 |
| | | 250 | 263 | 81 | 57.5 |
| | | 160 | 167 | 51 | 51 |

鋼材の限界面圧データ2 SKD11

<https://www.tomakomai-ct.ac.jp/uploads/files/wp/kiyou/old/kiyou22-2.pdf>

工具鋼 SKD 11 の圧縮特性

田 中 義 勝*

Compressive properties of tool steel SKD 11

Yoshikatu TANAKA

苫小牧工業高等専門学校

型締力の本当の方程式

投影面積： S_p

成形品部平均射出圧力： P_{iavg}

漏れ安全率： C_l

PL面面積： S_{pl}

PL界面射出圧力： P_{i5}

型締力： F_c

$$F_c = \underbrace{S_p \times P_{iavg}}_{\text{教科書の式}} + \underbrace{S_{pl} \times P_{i5} \times C_l}_{\text{PL面面圧の式}}$$

教科書の式

PL面面圧の式

型材限界面圧： P_{max}

陥没安全率： C_d

$$P_{max} \geq C_d \times F_c \div S_{pl}$$

$$C_l \geq 1.5$$

$$C_d \geq 1.5$$

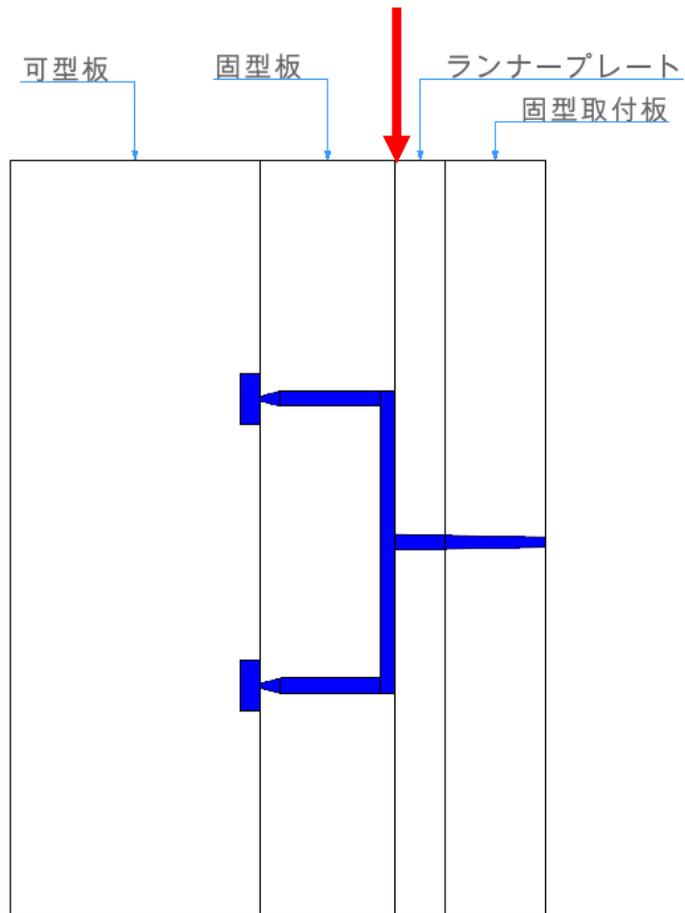
現場での対応 2プレートの場合

型内平均圧力の測定は困難！

最大型締力で成形を開始し、
バリがでるまで型締力を下げて、
そこから10%程度あげて、
最適型締力として生産をする。



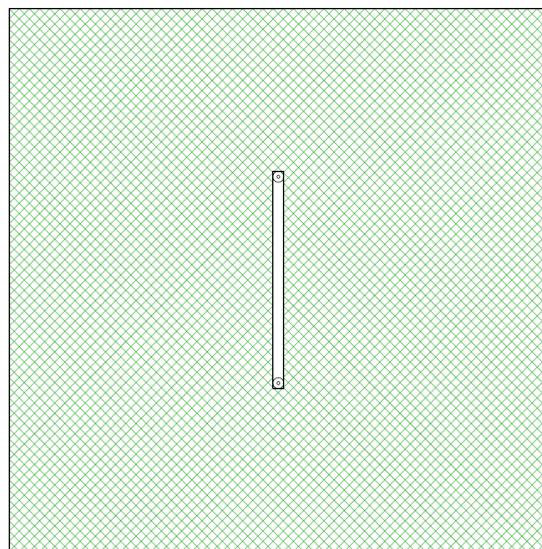
現場での対応 3プレートの場合



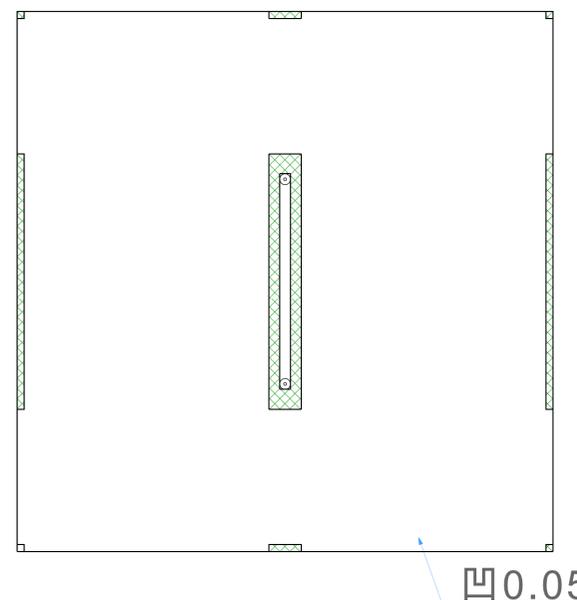
最大型締力で成形を開始し、
バリがでるまで型締力を下げていくと
ランナー部がバリとなり、それより
型締力を下げる事ができない。

現場での対応 3プレート場合

ランナー部のP L面面積が大きいと、P L面面圧が低くなりバリとなる。



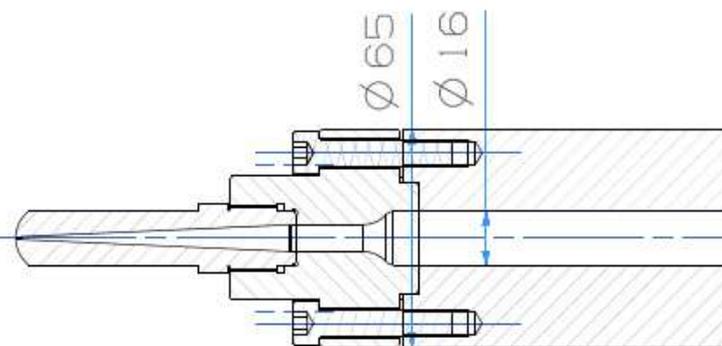
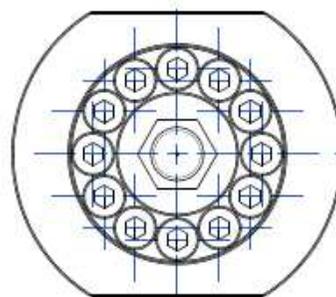
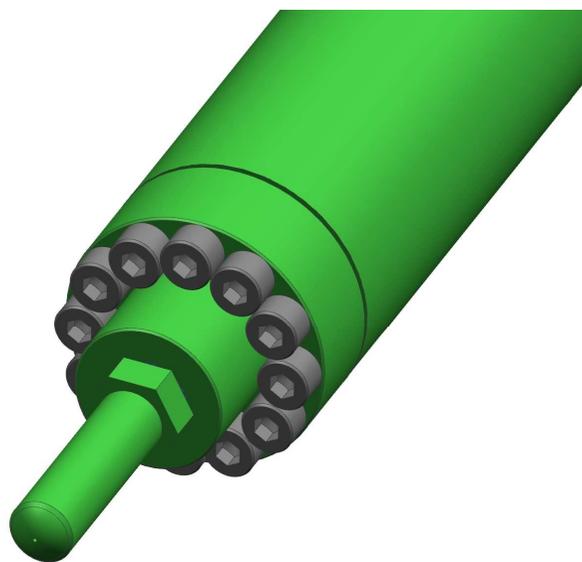
ランナー部を肉抜きし、P L面面積を小さくすれば、P L面面圧が上がるので、成形品部にあわせた型締力まで下げる事ができる。



ノズルアダプターへの応用

Fanuc社 $\phi 16$ 高圧 (330 MPa) 仕様のオリジナルデザイン

M8x12本



超強度 14.9 六角穴付きボルト

14.9

"ULTRA-HIGH TENSION"
SOCKET HEAD CAP SCREW

“超強度”六角穴付ボルト



発売元 : 由良産商株式会社 
 製造工場 : 株式会社極東製作所
 材料提供 : 株式会社神戸製鋼所

■比較表

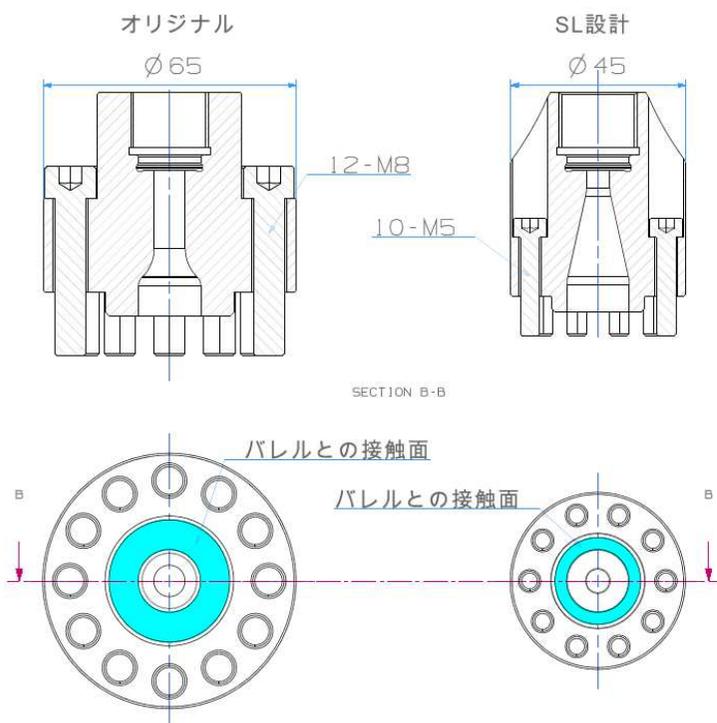
| 強度 | 引張強度 (N/mm ²) | 0.2%耐力 (N/mm ²) | 保証荷重 (N/mm ²) | 伸び (%) |
|-------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|-----------|
| 8.8 | 800 | 640 | 580 | 12 |
| 10.9 | 1,000 | 900 | 830 | 9 |
| 12.9 | 1,200 | 1,080 | 970 | 8 |
| 14.9 | 1,400 | 1,260 | 1,120 | 9 |

高温環境下における0.2%耐力

| 温度 | 300℃ | 400℃ | (500℃) |
|-------------|------------|------------|------------|
| 14.9 | 90% | 83% | 64% |
| 12.9 | 75% | - | - |
| 10.9 | 75% | - | - |

保証荷重 at 300℃=1,120x90%=1008 N/mm²

ノズルアダプターへの応用

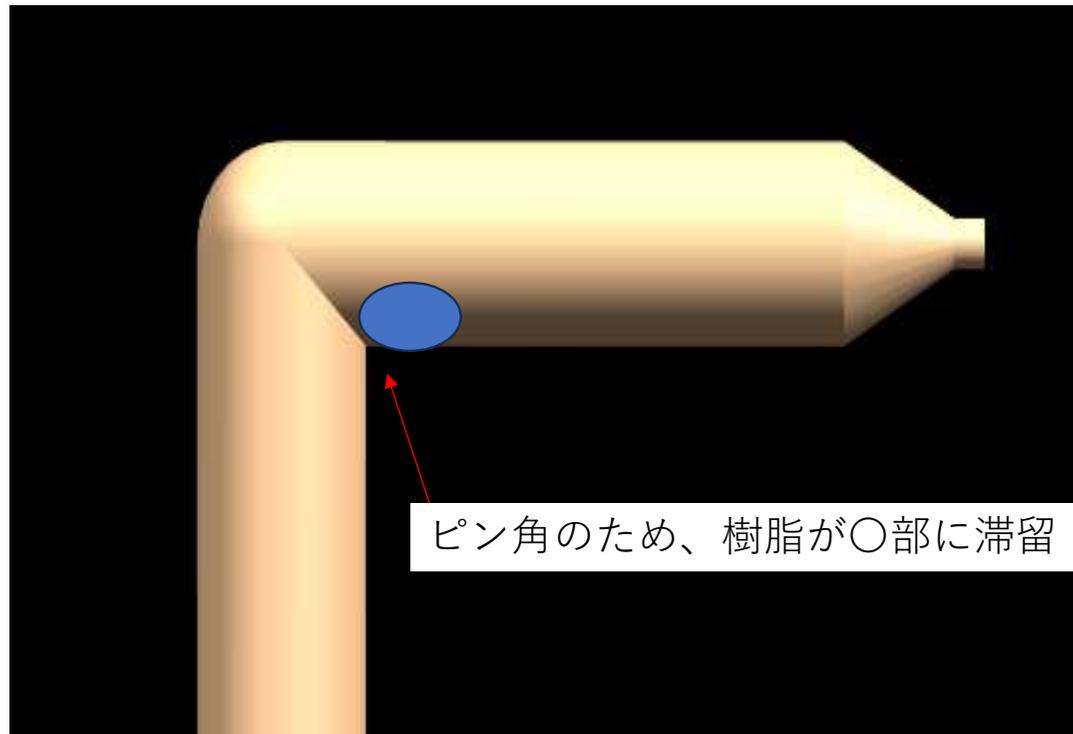


| 項目 | 記号 | 式 | 現行 | SL設計 | 単位 |
|---------------------|----|----------------------|--------|--------|---------------------|
| 射出最高圧力 | A | | 3,360 | 3,360 | kgf/cm ² |
| スクリュ径 | B | | 16 | 16 | mm |
| 射出力 | C | $=A*(B/10/2)^2*pi()$ | 6,756 | 6,756 | kgf |
| ノズルアダプター接触面積 | D | | 553.7 | 179.1 | mm ² |
| ネジ強度区分 | E | | 12.9 | 14.9 | |
| ネジ呼び | F | | M8 | M5 | |
| 本数 | G | | 12 | 10 | pcs |
| ネジ1本当たり保証荷重 (300°C) | H | | 2,715 | 1,460 | kgf |
| 総保証荷重 | I | $=G*H$ | 32,580 | 14,600 | kgf |
| 通常時面圧 | J | $=I/(D/100)$ | 5,884 | 8,152 | kgf/cm ² |
| SCM440 HRC48 限界面圧 | K | | 10,900 | 10,900 | kgf/cm ² |
| 潰れ安全率 | L | $=K/J$ | 1.9 | 1.3 | |
| 射出時残力 | M | $=I-C$ | 25,824 | 7,844 | kgf |
| 射出時面圧 | N | $=M/(D/100)$ | 4,664 | 4,380 | kgf/cm ² |
| 漏れ安全率 | O | $=N/A$ | 1.4 | 1.3 | |

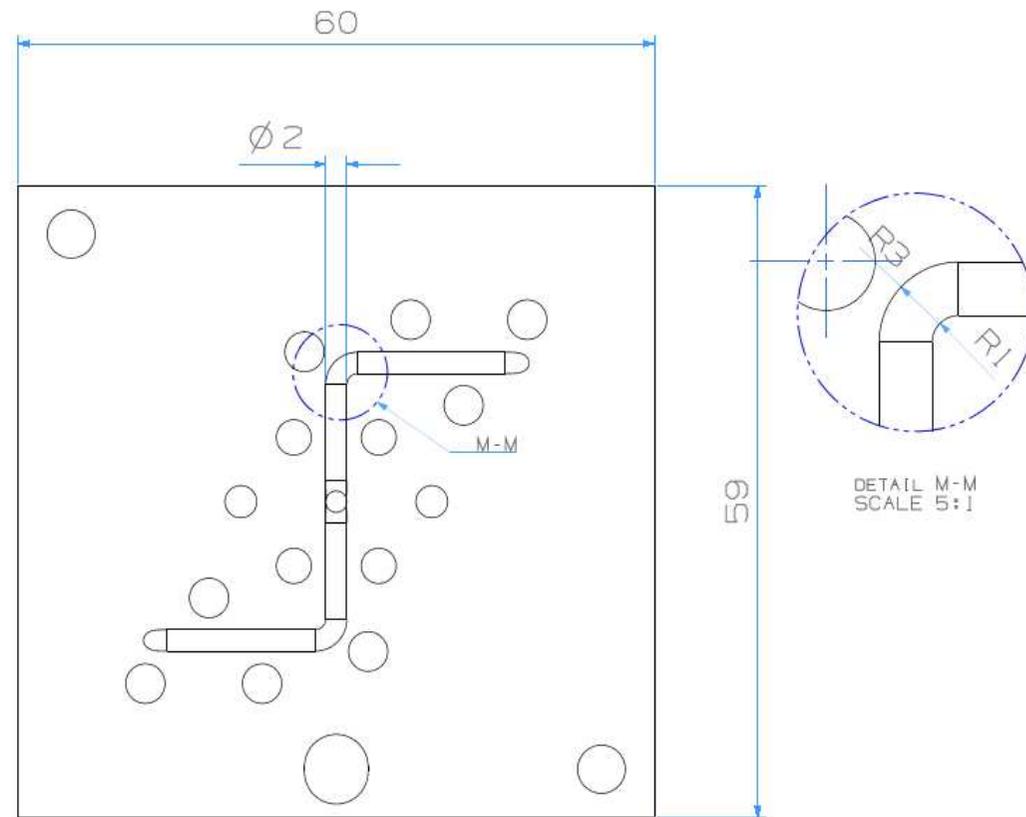
バレル外径が小さくなる→昇温時間短縮・自然対流放熱削減

ホットランナー・無滞留マニフォルドへの応用

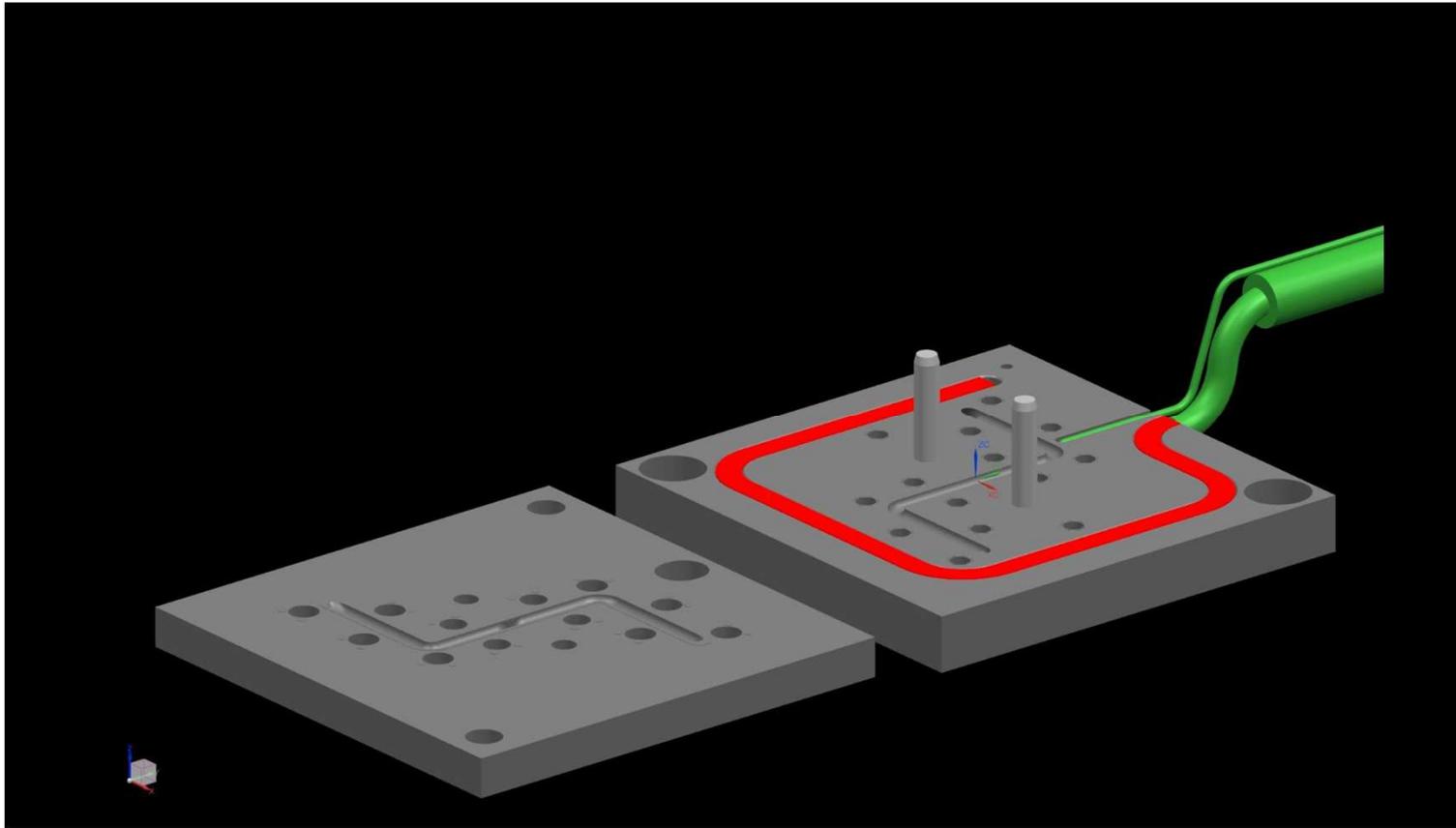
通常のマニフォルドの問題点



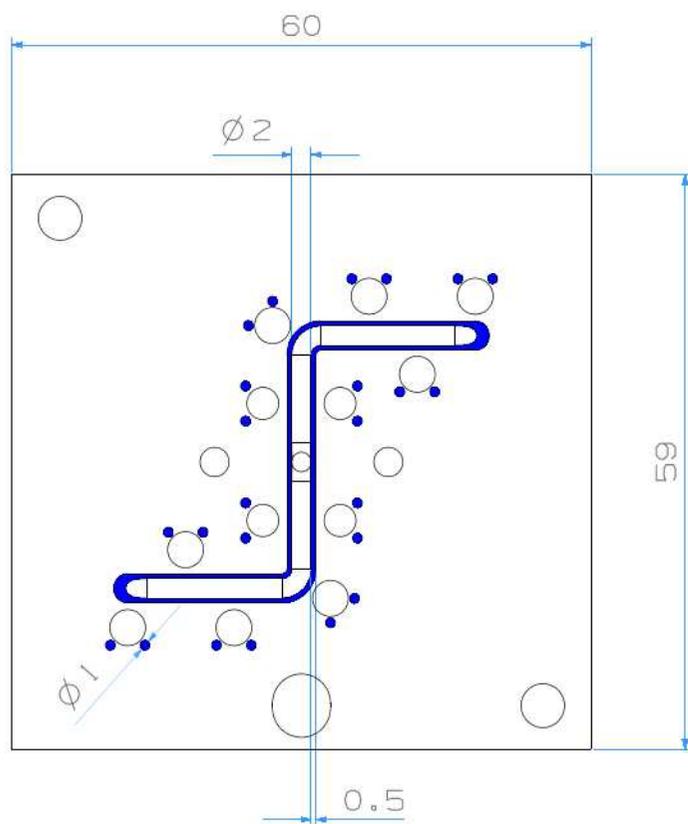
ホットランナー・無滞留マニフォルドへの応用



ホットランナー・無滞留マニフォルドへの応用



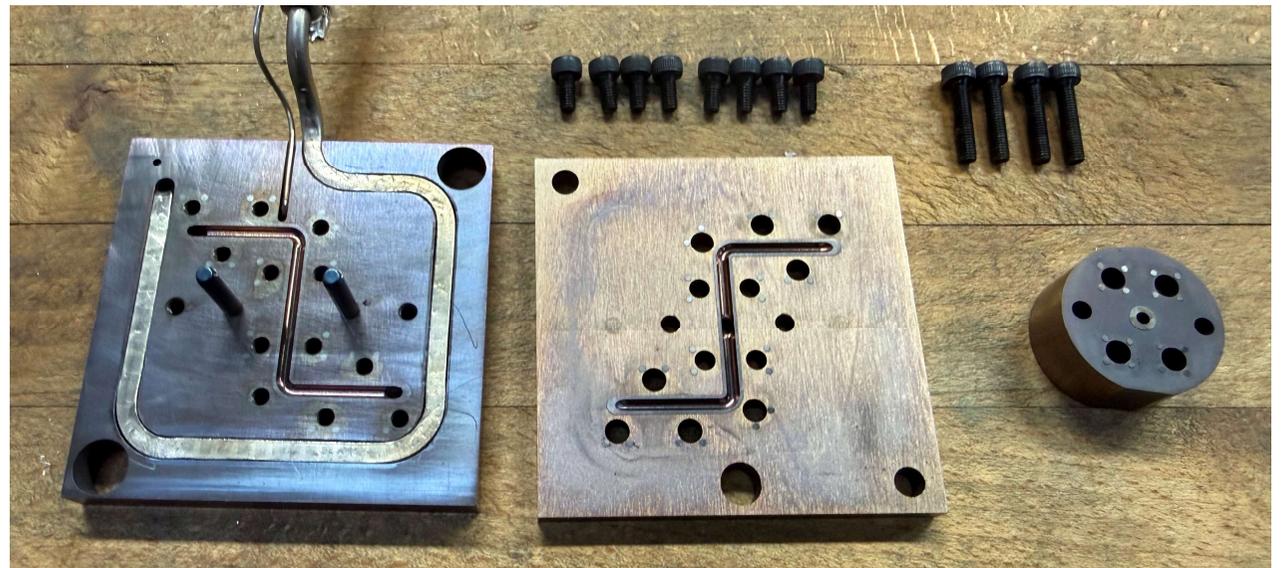
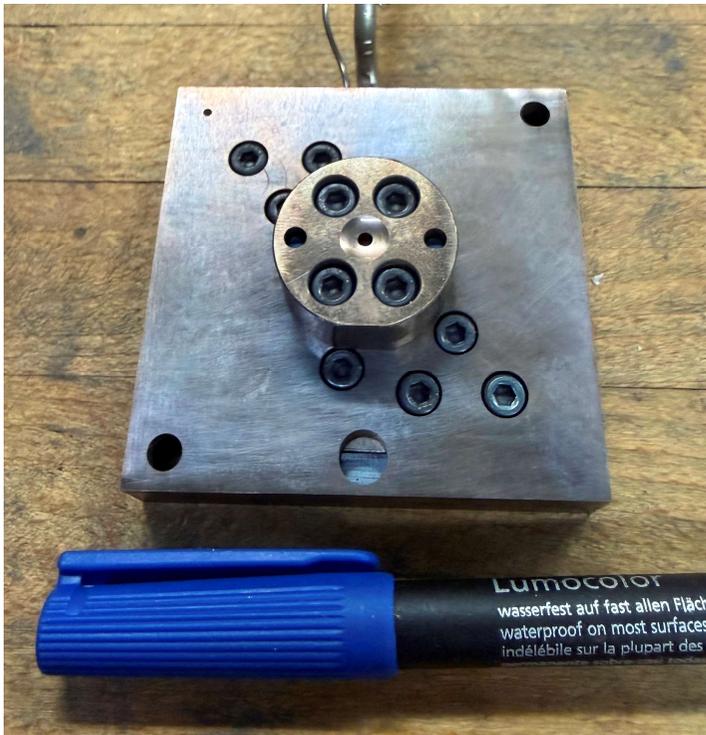
ホットランナー・無滞留マニフォルドへの応用



青色部以外は凹0.05

| 項目 | 記号 | 式 | 数値 | 単位 |
|---------------|------|---------------|--------|---------------------|
| 最高圧力 | Pi | | 2,500 | kgf/cm ² |
| 流路投影面積 | Si | | 120 | mm ² |
| マニフォルド接触面積 | Sm | | 85 | mm ² |
| 樹脂力 | Fi | Pi * Si | 3,000 | kgf |
| M3保証荷重(400°C) | Fs | | 515 | kgf |
| ネジ数 | n | | 12 | pcs |
| 総保証荷重(400°C) | Ft | Fs * n | 6,180 | kgf |
| 通常面圧 | Pmn | Ft / Sm * 100 | 7,271 | kgf/cm ² |
| SKD11限界面圧 | Pskd | | 25,000 | kgf/cm ² |
| 陥没安全率 | Cd | | 3.4 | n/a |
| 射出時残力 | Fr | Ft - Fi | 3,180 | kgf |
| 射出時面圧 | Pmi | Fr / Sm * 100 | 3,741 | kgf/cm ² |
| 漏れ安全率 | Cl | Pmi / Pi | 1.5 | n/a |

ホットランナー・無滞留マニフォルドへの応用



POM NA材にて5年間無炭化・無メンテで生産続行中。