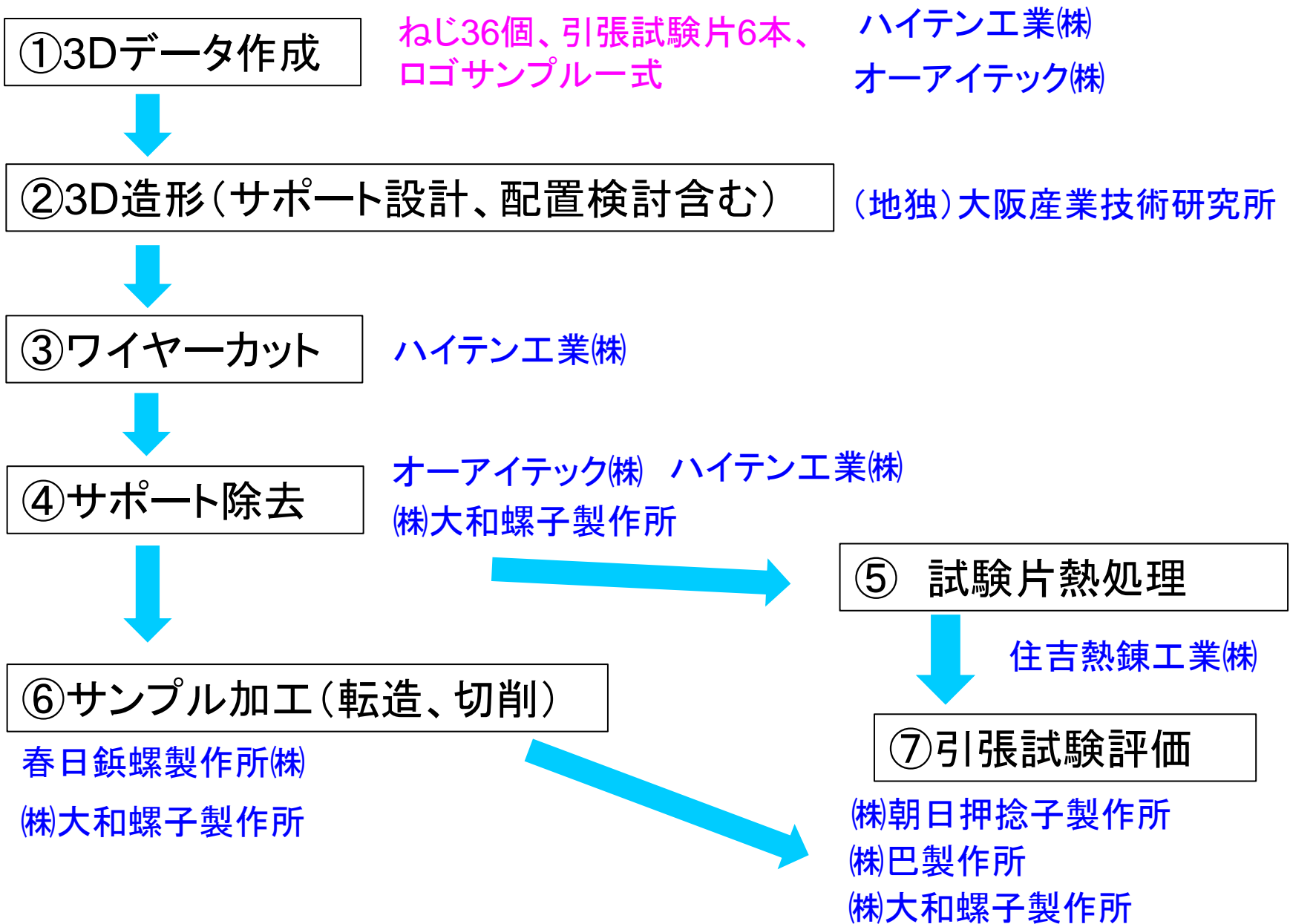
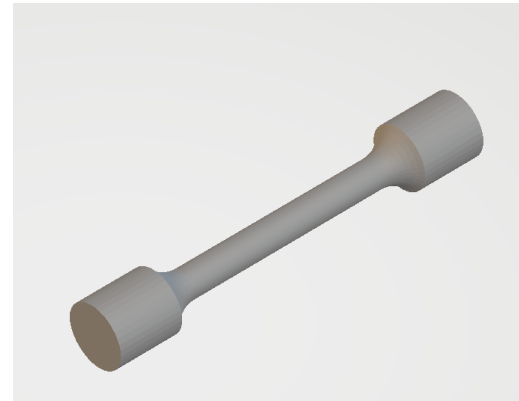
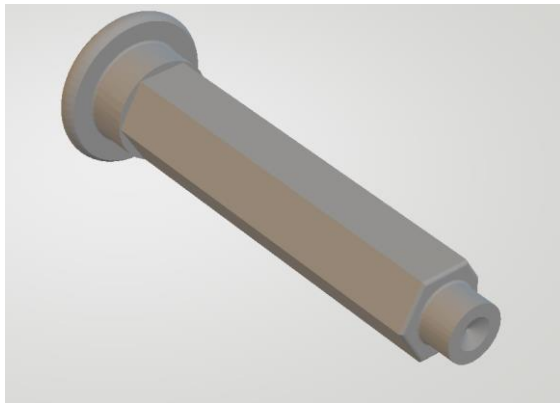
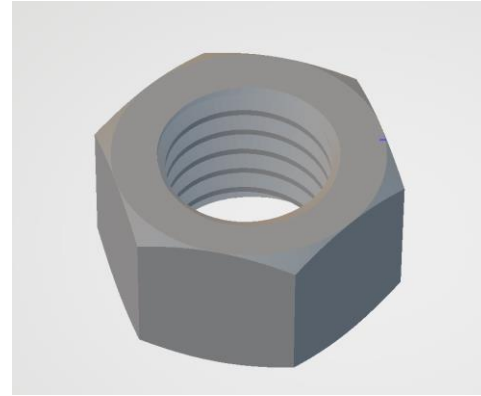
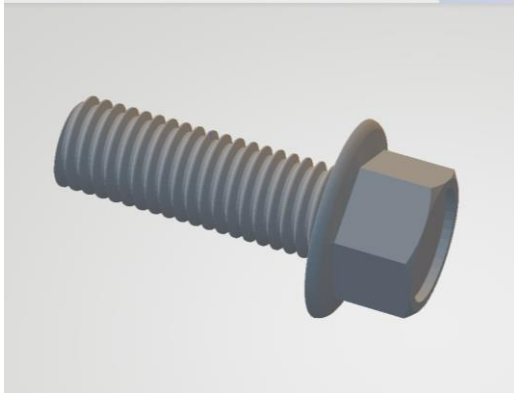


今回のねじサンプル試作の流れ



①3Dデータ作成 → STLデータ変換



3D CADでデータ作成→プリンター用データに変換

②3D造形 【金属3D造形装置】



**EOS社製
EOSINT M280**

産技研様の装置で造形

造形材料(マルエージング鋼の特性(カタログ値))

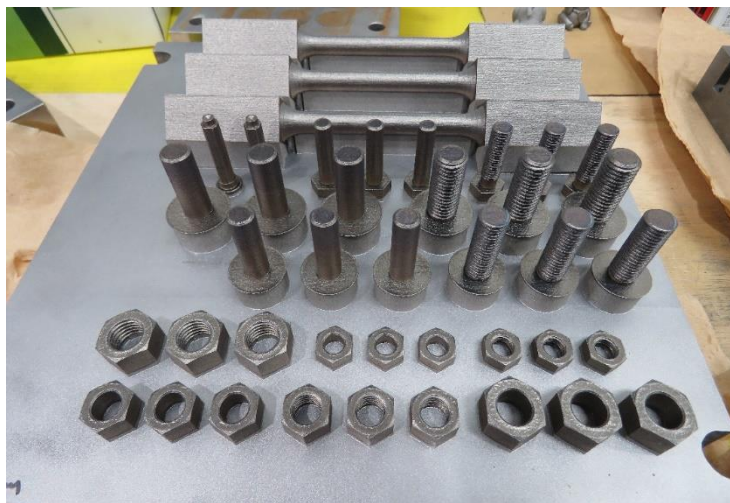
20°C (68°F)での機械特性

	造形時	時効硬化後[2]
引っ張り強さ[6]		min. 1930 MPa min. 280 ksi
- 水平方向(XY)	typ. 1100 ± 100 MPa typ. 160 ± 15 ksi	typ. 2050 ± 100 MPa typ. 297 ± 15 ksi
- 垂直方向(Z)	typ. 1100 ± 100 MPa typ. 160 ± 15 ksi	
降伏強度(Rp 0.2%) [6]		min. 1862 MPa min. 270 ksi
- 水平方向(XY)	typ. 1050 ± 100 MPa typ. 152 ± 15 ksi	typ. 1990 ± 100 MPa typ. 289 ± 15 ksi
- 垂直方向(Z)	typ. 1000 ± 100 MPa typ. 145 ± 15 ksi	
破断点伸び[6]		min. 2 %
- 水平方向(XY)	typ. (10 ± 4) %	typ. (4 ± 2) %
- 垂直方向(Z)	typ. (10 ± 4) %	
弾性率[6]		
- 水平方向(XY)	typ. 160 ± 25 GPa typ. 23 ± 4 Msi	typ. 180 ± 20 GPa typ. 26 ± 3 Msi
- 垂直方向(Z)	typ. 150 ± 20 GPa typ. 22 ± 3 Msi	
硬さ[7]	typ. 33~37 HRC	typ. 50~56 HRC
延性(ノッチ付きシャルピー衝撃試験)	typ. 45 ± 10 J	typ. 11 ± 4 J

材質:マルエージング鋼
(金属3D造形用標準材料)

出所:EOS社材料データシート

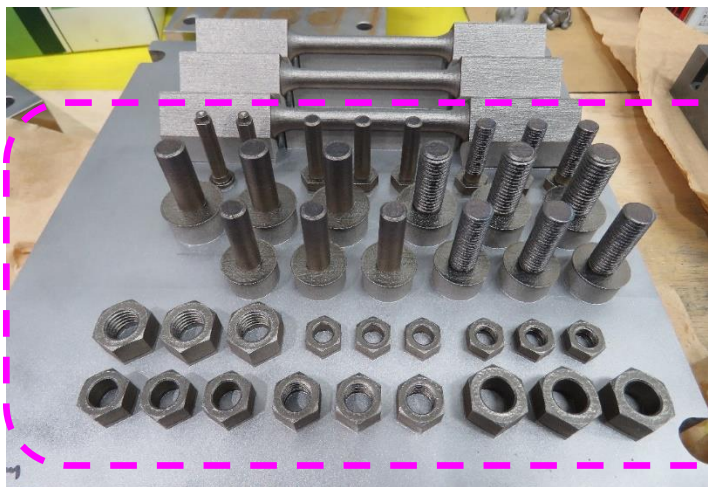
3D造形 サンプルの外観と造形時間(今回の場合)



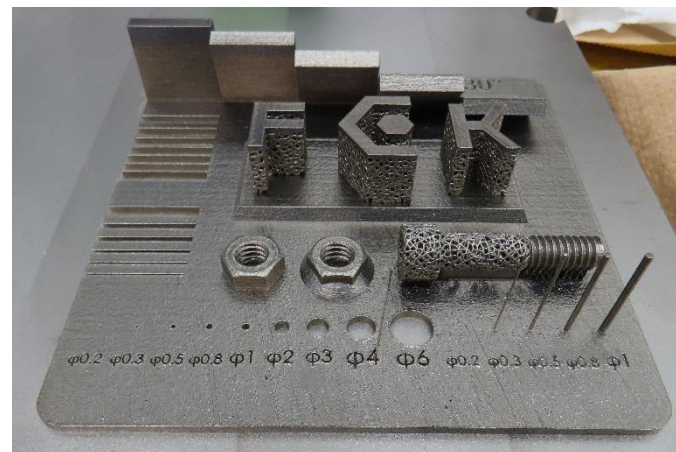
ねじ一式+引張試験片:約44時間



引張試験片:約8時間



ねじ一式:約13時間



ロゴサンプル:約9時間

③ワイヤーカット、④サポート除去 (造形物をプレートから切り離す工程)





サポート除去がかなり大変でした。

⑤熱処理

今回は試験片を強度区分12.9の指示で熱処理を行った。

硬度 生地でHRC35程度



熱処理後 HRC50程度となった

熱処理したら、産技研様情報

<ひずみ取り焼鈍>

メーカーの標準材については、材料データシートに熱処理条件を明記

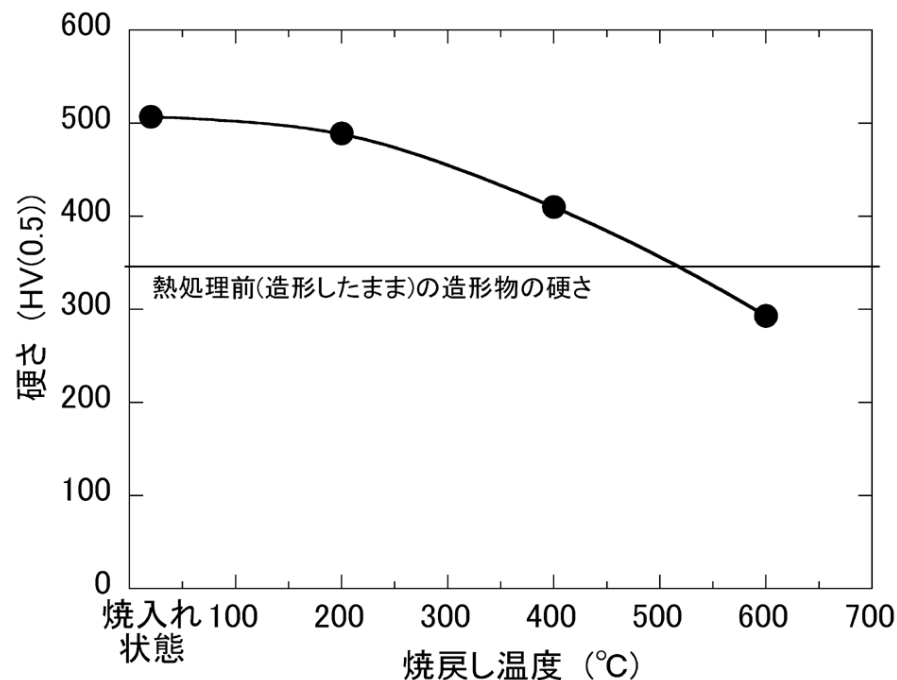
<時効硬化>

マルエージング鋼の造形物における時効硬化処理前後の機械的性質(カタログ値)

	硬さ	引張強さ
造形まま	33~37HRC	平均 1100MPa
時効硬化	50~56HRC	平均 2050MPa

<焼入・焼戻し>

SCM430粉末の緻密な造形物の焼入焼戻しによる硬さ変化



⑥サンプル加工、従来品との比較

M8, M10, M12のサンプルを製作。
ねじ部分に関しては3Dでねじ部分を造作した
ものとねじ加工前サンプルに切削、転造するサ
ンプルを作成。

またパーツ品サンプルも製作

【 M8x1.25 】

	3D造形のみ	3D造形+ねじ加工	圧造+ねじ加工（従来品）
ボルト			
ねじ精度	× (△)	○	—
主要寸法	0.1以内	0.1以内	—
	3D造形のみ	3D造形+ねじ加工	圧造+ねじ加工（従来品）
ナット			
ねじ精度	× (△)	○	—
主要寸法	0.1以内	0.1以内	—

主要寸法は0.1位内の精度はでた。ただねじ精度に関しては3D造形では難しく後加工(切削、転造)が必要

【 M10x1.5 】

	3D造形のみ	3D造形+ねじ加工	圧造+ねじ加工 (従来品)
ボ ル ト			
ねじ精度	× (△)	○	—
主要寸法	0.1以内	0.1以内	—
	3D造形のみ	3D造形+ねじ加工	圧造+ねじ加工 (従来品)
ナ ツ ト			
ねじ精度	× (△)	○	—
主要寸法	0.1以内	0.1以内	—

【 M12x1.75 】

	3D造形のみ	3D造形+ねじ加工	圧造+ねじ加工 (従来品)
ボルト			
ねじ精度	× (△)	○	—
主要寸法	0.1以内	0.1以内	—
	3D造形のみ	3D造形+ねじ加工	圧造+ねじ加工 (従来品)
ナット			
ねじ精度	× (△)	○	—
主要寸法	0.1以内	0.1以内	—

パーツ品

	3D造形	従来品
S H A F T L A T C H (L 3 5 · 5)		
主要寸法	製品検査成績表	

製品検査成績表

品質管理部

図番：TAS106T

名称	SHAFT LATCH		ロットNo	T/SPH 068/0A
材質	SCM435	表面処理	黒色三価クロメート8μm以上	P/N E46-61318-B

注記
 ① A、B 範囲のみ六角形法の公差適用の事。
 (A、B 範囲以外の六角形寸法は、A、B 範囲と同率あるいは小さくなること)
 ② □寸法は量器管理寸法を示す。

測定箇所	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B	4	5	6	7	8	9	10	11
規格値	6.45 ~6.50	6.45 ~6.50	6.45 ~6.50	6.45 ~6.50	6.45 ~6.50	6.45 ~6.50	φ11.4 ~12.0	1.3 ~1.5	3.0 ~3.2	32.7 ~32.9	2.5 ~3.1	φ7.65 ~7.70	φ4.4 ~4.5	R0.3MAX
測定器	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	E
1	6.49	6.49	6.48	6.49	6.48	6.48	11.70	1.48	3.12	32.84	2.88	7.68	4.41	0.18
2	6.49	6.49	6.48	6.49	6.48	6.49	11.69	1.49	3.12	32.85	2.88	7.68	4.41	0.16
3	6.49	6.49	6.48	6.49	6.48	6.49	11.69	1.46	3.10	32.83	2.97	7.68	4.41	0.18
4	6.49	6.49	6.49	6.49	6.49	6.48	11.69	1.46	3.12	32.83	2.89	7.68	4.41	0.19
5	6.49	6.49	6.49	6.49	6.49	6.49	11.69	1.47	3.11	32.84	2.88	7.68	4.41	0.17

図面規格値の精度がでた

測定箇所	12	13	14	15	16	17	18	19	外観	24	25	26	27	28
規格値	R0.3MAX	R0.3MAX	0.8MAX	2.90 ~2.95	(φ2.5)	(120°)	(0.7)	//0.03						
測定器	E	E	E	E	K	K	K	H	目視					
1	0.19	0.15	0.28	2.916	2.42	120.31	0.67	0.017	ok					
2	0.24	0.15	0.28	2.920	2.33	119.39	0.67	0.020	ok					
3	0.25	0.15	0.33	2.939	2.40	120.07	0.68	0.014	ok					
4	0.19	0.16	0.26	2.926	2.40	119.32	0.60	0.018	ok					
5	0.22	0.17	0.31	2.918	2.42	119.36	0.59	0.013	ok					

合格

黒色三価クロメート8μm以上

表面処理(膜厚) μm	
1	8.2
2	9.6

ロックウェル検査 (HRC30~34)

硬度(HRC)	
①	31.9
②	32.8

測定器

A:ノギス B:マイクロメータ C:リングゲージ
 D:パゲージ E:投影機 F:隙間ゲージ
 G:ベネトレイションゲージ H:ダイヤルゲージ
 I:膜厚計 J:サーフェスター K:コントレーサ
 L:スリーロール

⑦引張試験結果

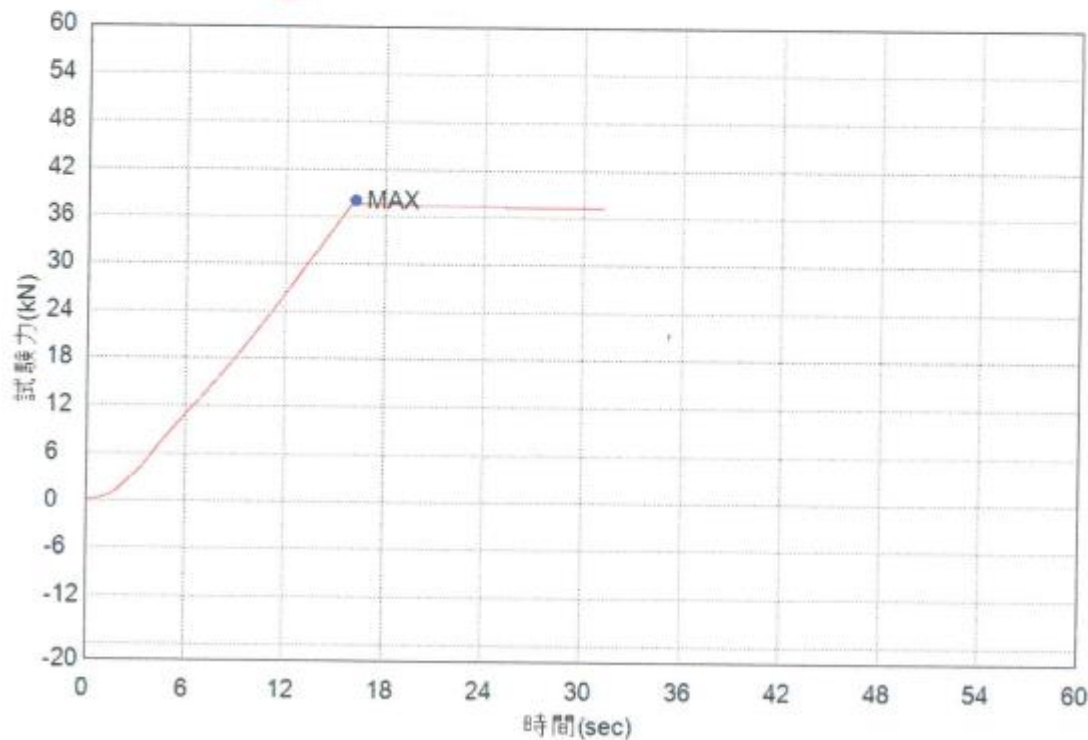
1, M8ナット、M12ボルト生地品を引張り10N相当の強度があった。

2, 試験片を熱処理して計測

M8 × 1.25 ナット (3D造形 + ネジ加工)

結果ファイル名		キーワード	10N 保持
作成日	2023/11/20	試験日	2023/11/20
試験モード	シングル	試験種類	引張
速度	5mm/min	試験片形状	面積
バッチ数	1	サブバッチ数	1

名前 パラメータ	最大点_試験力 全エリアで計算	最大点_応力 全エリアで計算
単位	kN	N/mm ²
1_1	38.0863	1040.61



熱処理なし
で10N満足
(HRC35)

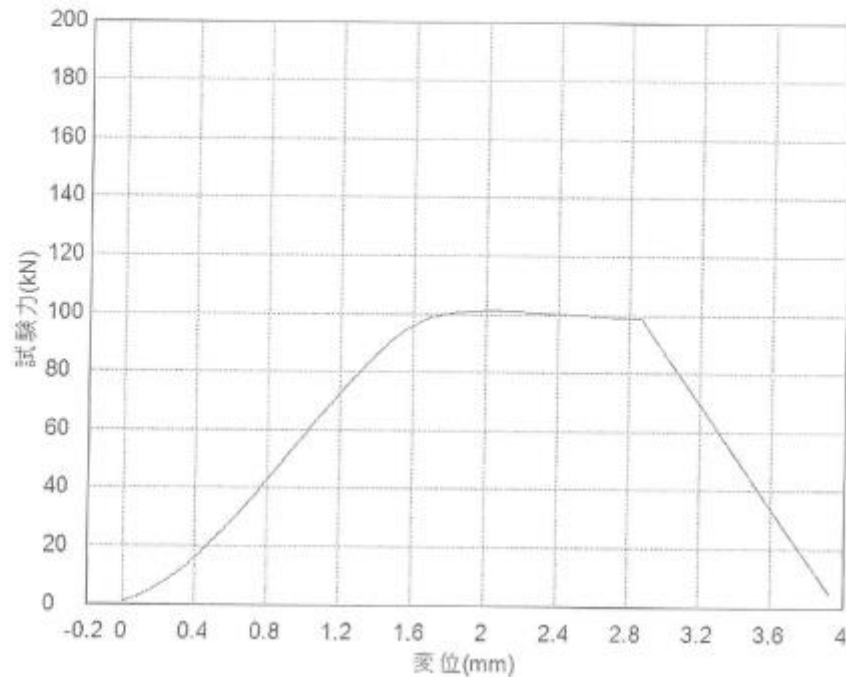
M12×1.75 ボルト(3D造形+ネジ転造加工)

キーワード		品名	
結果ファイル名	20231130_焼結調査_20231130_0859.xtux	条件ファイル名	20231130_焼結調査.xmux
作成日	2023/11/30	試験日	2023/11/30
試験モード	シングル	試験種類	引張
速度	15N/mm2/sec	試験片形状	丸棒
バッチ数	1	サブバッチ数	1

名前	上降伏点(%FS)試験力	上降伏点(%FS)応力	上降伏点(%FS)ストローク	上降伏点(%FS)ストローク(ひずみ)
パラメータ	0.1 %	0.1 %	0.1 %	0.1 %
単位	kN	N/mm2	mm	%
i_1	--	--	--	--
平均値	--	--	--	--
標準偏差	--	--	--	--
レンジ値	--	--	--	--

名前	上降伏点(%FS)変位	上降伏点(%FS)変位(ひずみ)	上降伏点(%FS)時間
パラメータ	0.1 %	0.1 %	0.1 %
単位	mm	%	sec
i_1	--	--	--
平均値	--	--	--
標準偏差	--	--	--
レンジ値	--	--	--

試験片名	直径	つかみ具間距離
単位	mm	mm
i_1	10.7000	15.0000



熱処理なしで
10N満足
(MAX101.2KN)

試験片



サポート除去が一番大変で、機械加工が難しく、手加工でグラインダーで削った。

3Dプリンタによるマルエージング鋼テストピースの機械的性質確認

関西ねじ協同組合
技術開発委員会

3Dプリンターでボルト、ナット等を造形する取り組みのなかで、造形物の機械的性質を確認することを目的とする。

1. 試験片情報

- 1) 18Niマルエージング鋼 (Ni:18wt%、Co:9、Mo:5、Ti:0.7、Al:0.1)
マルエージング鋼 (マルテンサイト組織に時効硬化を起こさせ、マルテンサイトと時効の両方の効果によって強化された鋼。高張力鋼と呼ばれる鋼種)
- 2) 大阪産業技術研究所にて3Dプリンタでテストピース形状のもの6本を造形。
- 3) 金属材料(粉体)メーカー「EOS GmbH」材料データシートによる20°Cでの機械的特性

引張強さ	2050 ± 100	MPa (N/mm ²)
降伏強度 (0.2%耐力)	1990 ± 100	MPa (N/mm ²)
破断伸び	4 ± 2	%
硬さ	50~56	HRC

- 4) 造形後にベースプレートを切り離し、サポート材をグラインダーで除去、強度区分12.9の指示で熱処理を実施

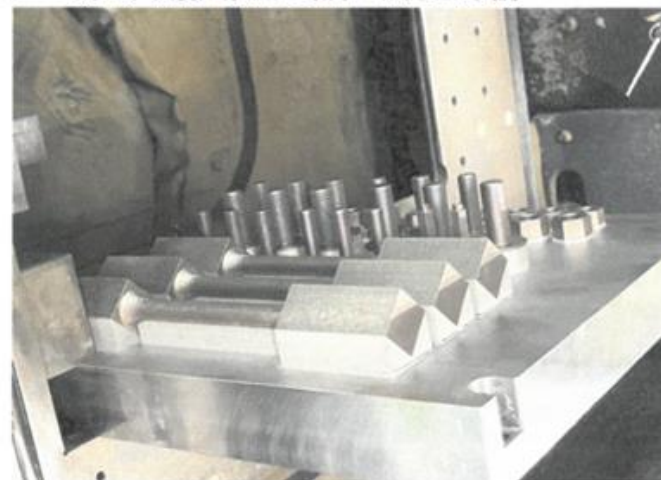


図1. 試験片外観 (14A号比例試験片)

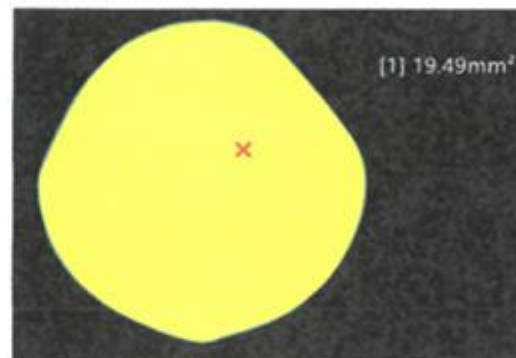
造形後の試験片外観 (ベースプレート、サポート材が確認できます)

2. 試験方法

- 1) 万能試験機（1軸引張試験機） 型式：AY-300 II、試験機の等級：1級を使用
- 2) 引張強さ試験、破断伸び測定は試験片No.1～3を使用
- 3) 0.2%耐力試験は試験片No.4～6を使用し、図2の精密伸び計を用いる（エッジ間隔は50mm）
試験片が伸びるとともにエッジが動き、その動きを電気出力させる装置です



図2. 0.2%耐力測定、精密伸び計



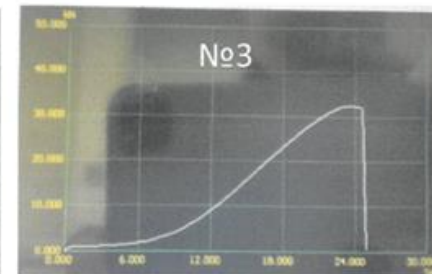
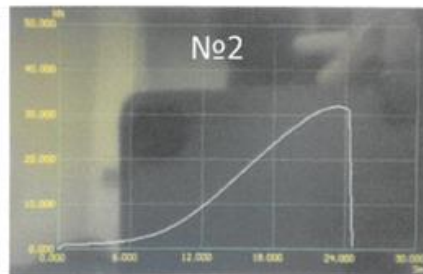
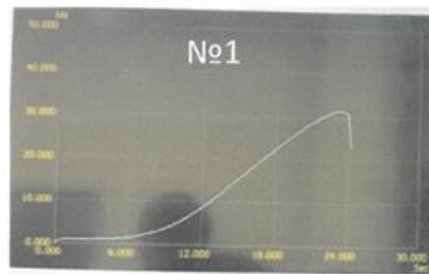
3Dスキャナによる最小断面の特定

- 4) 硬さは試験片No.4～6のつかみ部で行い、数値は3点平均値とする
- 5) 各試験片にグラインダーによる凹み等が認められたため、3Dスキャナーを用いて最小面積箇所を確認した

3. 試験結果

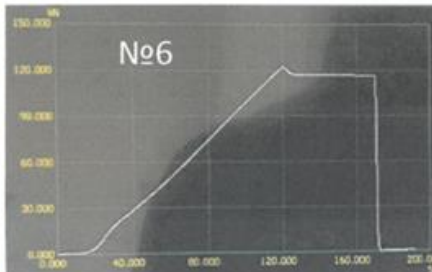
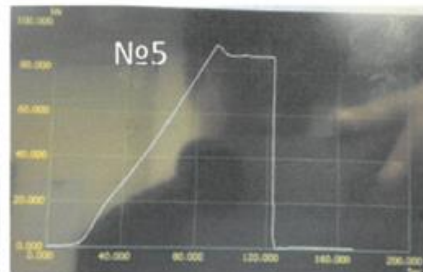
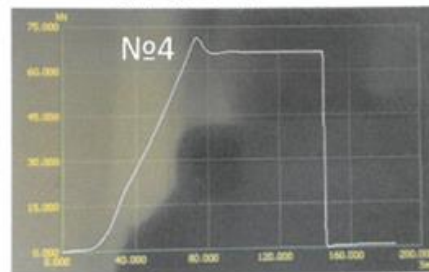
1) 引張強さ

時間-荷重グラフ



2) 0.2%耐力試験

時間-荷重グラフ



3) 試験結果

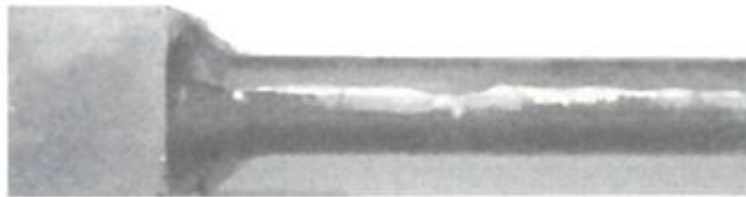
試験片			引張強さ		破断伸び			破断位置	
No.	種類		断面積 mm ²	荷重	応力	原標点 距離	最終標点 距離		伸び
				N	N/mm ²	mm	mm		%
1	丸棒	14A号	19.5	31500	1616	25.0	25.5	2.0%	A
2			19.7	32250	1638	25.0	25.4	1.7%	A
3			20.2	32650	1616	25.0	25.5	1.8%	A
平均			19.8	32133	1623	25.0	25.5	1.9%	

試験片			0.2%耐力		硬さ	
No.	種類		断面積 mm ²	荷重	応力	つかみ部平均
				N	N/mm ²	HRC
4	丸棒	14A号	78.0	50485	647	49.3
5			77.6	84412	1088	43.2
6			78.8	119061	1510	52.2
平均			78.1	84653	1082	48.2

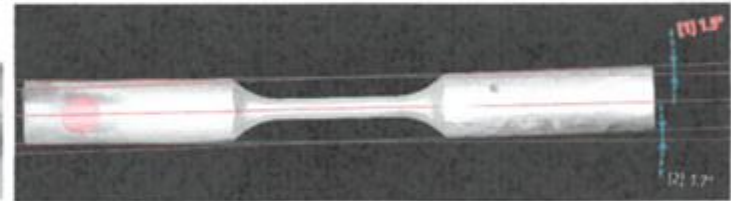
グラフとソフトの荷重値が合わない

4. まとめと反省

- 1) 試験片のような形状であっても3Dプリンターにより高強度製品の造形が可能であった
- 2) 造形する形状により、適した材料や適した造形機があることを知ることができた(大阪産業技術研究所の内覧・ご説明)
- 3) カタログ値を下回る機械的性質が確認された。理由として以下の点が考えられる
 - ① サポート材をグラインダーにて除去した際、試験片の断面に傷が発生した
 - ② 内部応力の影響なのか、熱処理で試験片が5度程度歪んでしまった



トリミングによる傷



熱処理による歪(曲がり)

- 4) グラフとソフト(自動計算)の荷重値が合わない件、試験片の歪(曲がり)が影響したものと考えられる

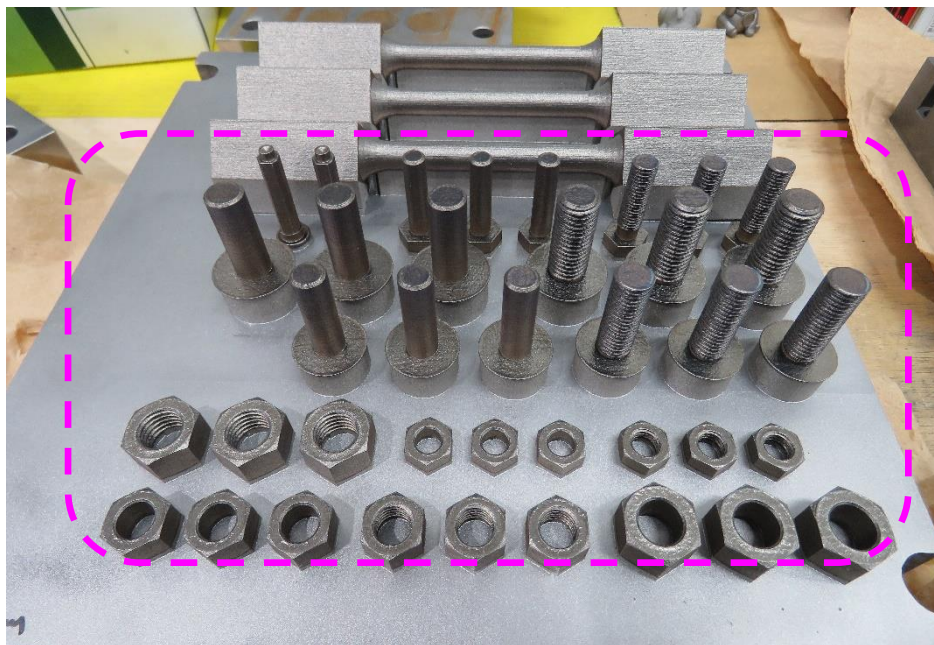
以上、ありがとうございました。

材料メーカーの規格値と比較するといずれも低い値となった。この理由としてサポート除去の際の手加工のばらつきが影響したと推測される。

試験片での確認はそのあたりも考慮した造作物での試験が再度必要。

ただ今回の結果からボルト強度でいえば12.9以上のねじができることは分かった。

⑧3D造形の造形費用(今回の場合)



対象:ねじ一式
造形時間:約13時間
材料体積/重量:
89,015mm³/712g

造形費用 ¥240,900
(1個あたり:約 ¥6,340)

+

後加工にかかる費用

- ・造形物切り離し
- ・サポート除去 ⇒機械加工
- ・仕上加工(切削)、表面加工(ブラスト、めっきなど)

概算 総費用を個数で割るとで今回 ねじ1個あたり原価で約 ¥10,000

関西ネジ協同組合ロゴ造作物



以上となります。