

まえがき

この規格は、工業標準化法第 12 条第 1 項の規定に基づき、社団法人ばね工業会(JSMA)／財団法人日本規格協会(JSA)から、工業標準原案を具して日本工業規格を制定すべきとの申出があり、日本工業標準調査会の審議を経て、経済産業大臣が制定した日本工業規格である。

この規格の一部が、技術的性質をもつ特許権、出願公開後の特許出願、実用新案権、又は出願公開後の実用新案登録出願に抵触する可能性があることに注意を喚起する。経済産業大臣及び日本工業標準調査会は、このような技術的性質をもつ特許権、出願公開後の特許出願、実用新案権、又は出願公開後の実用新案登録出願にかかわる確認について、責任はもたない。

JIS B 2711 には、次に示す附属書がある。

- 附属書 1 (規定) ショットの品質及び試験方法
- 附属書 2 (規定) カバレッジの標準写真
- 附属書 3 (規定) 残留応力の測定方法
- 附属書 4 (参考) ばねのショットピーニング方法
- 附属書 5 (参考) 歯車のショットピーニング方法
- 附属書 6 (参考) アルメンゲージ

目 次

	ページ
1. 適用範囲.....	1
2. 引用規格.....	1
3. 定義.....	1
4. 指示事項.....	3
5. ショット.....	4
6. アルメンストリップ.....	4
7. アークハイトの測定.....	6
8. カバレージの測定.....	6
9. ショットピーニング装置	6
10. ショットピーニングの管理.....	7
11. 残留応力の測定	7
12. 記録及び報告.....	7
13. 表示.....	7
附属書 1 (規定) ショットの品質及び試験方法.....	8
附属書 2 (規定) カバレージの標準写真	15
附属書 3 (規定) 残留応力の測定方法.....	16
附属書 4 (参考) ばねのショットピーニング方法.....	21
附属書 5 (参考) 歯車のショットピーニング方法.....	24
附属書 6 (参考) アルメンゲージ.....	27

ショットピーニング

Shot peening

1. 適用範囲 この規格は、機械要素などの表面に主として圧縮残留応力を与え、疲労、応力腐食割れなどに対する抵抗力の向上を図ることを目的として行うショットピーニングについて規定する。

備考 ショットピーニングは、他に耐摩耗性向上、潤滑性向上、遅れ破壊寿命の改善、耐フレッティング疲労性の向上、溶接余盛止端部の引張り残留応力軽減など、様々な目的に広く用いられているが、それらにもこの規格を準用することは差し支えない。

2. 引用規格 次に掲げる規格は、この規格に引用されることによって、この規格の規定の一部を構成する。これらの引用規格は、その最新版（追補を含む。）を適用する。

JIS B 0021 製品の幾何特性仕様 (GPS)―幾何公差表示方式―形状、姿勢、位置及び振れの公差表示方式

JIS G 3311 みがき特殊帯鋼

JIS G 4308 ステンレス鋼線材

JIS G 4801 ばね鋼鋼材

JIS G 5121 ステンレス鋼鋳鋼品

JIS G 5904 鑄造ショット及びグリットの粒度試験方法

JIS K 0131 X線回折分析通則

JIS K 0215 分析化学用語（分析機器部門）

JIS Z 2244 ビッカース硬さ試験―試験方法

JIS Z 2300 非破壊試験用語

JIS Z 8401 数値の丸め方

JIS Z 8801-1 試験用ふるい―第1部：金属製網ふるい

3. 定義 この規格で用いる主な用語の定義は、**JIS K 0215**、**JIS K 0131** 及び **JIS Z 2300** によるほか、次による。

- a) **ショットピーニング** 通常、球形の硬質粒子を高速度で処理品の表面に打ち当て、表面近傍だけを塑性加工することによって表面層を加工硬化し、かつ、表面層に圧縮残留応力を与え、疲労、応力腐食割れなどに対する抵抗力の向上を図る表面処理。
- b) **ショット** ショットピーニングに用いる、通常、球形又はそれに近い形状の硬質粒子。金属、ガラス、セラミックなどの材料を用いる。

- c) **ピーニング強度** ショットピーニングの程度を表す尺度で、処理品の単位表面積に単位時間あたりに作用するショットの運動エネルギー。通常、アークハイトで評価する。
- 備考** ショットの運動エネルギーが同じでも、処理品表面の塑性変形はショットの粒径及び形状によって異なるので、処理後の特性とピーニング強度とは必ずしも直接対応するものではない。
- 参考** 一般的なショットピーニング装置では、処理品に投射するショットの流れが均質な平行流でないため、ピーニング強度は流れの中に置く処理品の位置及び姿勢によって異なる。
- d) **アルメンストリップ** 片面をショットピーニングしたときの圧縮残留応力による曲がり変形の大きさによって、ピーニング強度を間接的に測定するために用いる短冊状金属片。
- e) **アークハイト** ショットピーニングによるアルメンストリップの弧状の変形 (mm)。
- f) **カバレッジ** 処理品の単位表面積を個々のショット粒による打こん (痕) が覆う割合 (%)。
- g) **残留応力** 外力の作用に依存しない材料の内部応力で、ショットピーニングによって処理品に生じた、表面から内部へ深さ方向に分布する応力。
- h) **粒度分布** ショットの粒度分布。一般に粒度分布は、処理作業の過程で変化する。
- i) **普通ピーニング** 呼び径が 0.2 mm を超える一種類のショットを用い、アークハイトが 0.15~0.6 mm (A) となる一種類のピーニング強度条件で行うショットピーニング。多段ピーニング、ストレスピーニング、温間ピーニング、ヘビーピーニング又はファインピーニングと区別している。
- j) **多段ピーニング** 異なる条件の普通ピーニングを組み合わせたショットピーニング。組み合わせる数によって二段ピーニングなどという。
- k) **ストレスピーニング** 処理品の使用条件に合わせた一定応力を加えた状態で行うショットピーニング。
- 備考** これによって、使用条件の負荷の下で、処理品が所期の残留応力をもつことが期待できる。
- l) **温間ピーニング** 鋼の処理品を 150~350 °C の温度に保って行うショットピーニング。
- 備考** 温間加工であるため、高硬さのばねにも深く大きな圧縮残留応力を与えやすく、また、動的ひずみ (歪) 時効による表面硬化も併せて期待できる。
- m) **ヘビーピーニング** 呼び径が 0.2 mm を超えるショットを用い、アークハイトが 0.6 mm (A) を超えるピーニング強度で行うショットピーニング。
- n) **ファインピーニング** 呼び径が 0.2 mm 以下のショットを用い、アークハイトが 0.15 mm (A) 未満となるピーニング強度で行うショットピーニング。
- o) **X 線応力測定法** 処理品の測定点を中心に特性 X 線を複数方向から入射し、入射方向に対する回折原子面間隔の変化率を測定して応力を求める方法。
- 備考** 回折原子面とは、原子の配列によって考えられる仮定の面で、特性 X 線の波長と処理品の結晶構造によって定まる特定の原子面を指す。
- p) **入射角** 回折原子面の法線が測定点における測定面の法線となす角。 ψ (°) で表す。
- q) **回折角** 入射 X 線の方向と回折 X 線の方向とがなす角。 2θ (°) で表す。
- 参考** 実用金属材料の回折 X 線は入射 X 線軸を軸とする円すい (錐) 面状に回折するので、 2θ は立体角である。
- r) **ピーク位置** 回折 X 線の強度は試料特性を反映した、ある回折角で最大となるが、その最大の位置を代表する回折角。 $2\theta_p$ (°) で表す。
- s) **強度分布曲線** 回折角に対する回折 X 線の強度変化を示す曲線。
- t) **半価幅** 強度分布曲線において、最大値とバックグラウンドとの差の 1/2 の強度に対する回折角の幅 (附属書 3 図 3 参照)。

- u) **ψ_0 一定法** 入射 X 線の軸を固定した状態で強度分布曲線を計測する方法。
参考 フィルム法及び 1 次元又は 2 次元の X 線検出器を備えた装置で行う方法で、 θ 固定法ともいう。
 - v) **ψ 一定法** 入射 X 線と検出器とのなす角度の 2 等分線を固定した状態で、入射 X 線と検出器とを互いに逆方向に等角速度で走査しながら回折強度曲線を計測する方法。
参考 特殊な検出器を備えた装置でだけ行える方法で、フィルム法及び 1 次元又は 2 次元 X 線検出器を備えた装置では行えない。
4. **指示事項** ショットピーニングを行うときは、通常、次の事項について指示するものとする。ただし、受渡当事者間の合意によって、一部の項目については指示を省略することができる。参考例を**附属書 4**及び**附属書 5**に示す。
- a) **ショットピーニングの種類** 普通ピーニング、多段ピーニング、ストレスピーニング、温間ピーニング、ヘビーピーニング又はファインピーニングのいずれかを指示する。
 - b) **ショットピーニングの条件** ショットピーニングの条件は、次による。
 - 1) ショットピーニング装置の形式
参考 一般的な装置には、ショットの投射手段によって遠心力式と空気流式とがある。前者は比較的大量のショットを広い範囲に投射し、後者は相対的には少量のショットを狭い範囲に集中投射するのに適している。
 - 2) ショットピーニングを施す部位と施してはならない部位
 - 3) ショットの種類
 - 4) ピーニング強度（以下、アーケハイトという。）
 - 5) カバレッジ及びその測定面
 - 6) ショットピーニングの時間
 - 7) 前処理
 - 8) 後処理
 - 9) その他（雰囲気、温度、その他の条件）
 - c) **試行確認の有無** 指示した条件によってショットピーニングを行い、所期の効果が得られることを確認するため、試行を行うかどうかを指示する。試行はアルメンストリップを用いて行い、結果はアーケハイト及びカバレッジによって評価する。

5. ショット ショットの分類は、表 1 に示し、その詳細は附属書 1 による。

表 1 ショットの種類及び主な性状

名 称	記号	材質	密度 g/ mL	概略形状	呼び径 mm	長さ／ 粒径番号	硬さ HV
カットワイヤショット	CW	銅	7.65～7.95	円柱	0.2～3	長さ 0.2～3 mm	350～750
コンディションド カットワイヤショット	CCW	銅	7.65～7.95	角の丸い 円柱	0.2～3	長さ 0.2～3 mm	350～850
鋳鋼ショット	SS	鋳鋼	7.45 以上	球	4 以下	粒径番号 4～400 番	200～850
ガラスビーズ	GB	ガラス	2.30 以上	球	1 以下	粒径番号 6～70 番	450～550
セラミックビーズ	CB	セラミック	3.60～3.95	球	1 以下	粒径番号 6～70 番	500～800

6. アルメンストリップ ショットピーニングの効果进行评估するため、次のアルメンストリップを用いる。

- a) アルメンストリップの種類 アルメンストリップは図 1 の形状・寸法のもので、表 2 に示す種類とする。

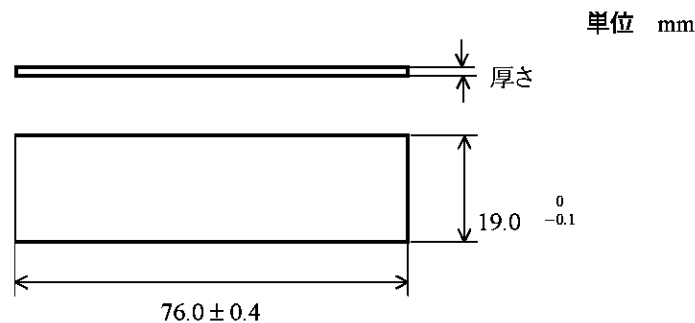


図 1 アルメンストリップの形状及び寸法

表 2 アルメンストリップの種類

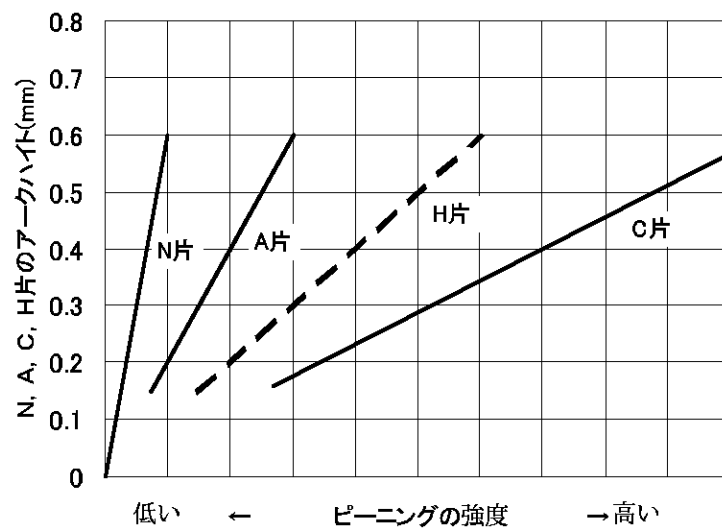
名称	呼び寸法 mm	厚さ mm	硬さ(1)	平面度公差(2) mm	材質
N 片	0.8	0.76～0.81	74.7±1.2 HRA	0.025	JIS G 3311 の SK 65 M～85 M, 及び JIS G 4801 の SUP 3 の いずれか
A 片	1.3	1.27～1.32	48±2 HRC	0.025	
C 片	2.4	2.36～2.41	48±2 HRC	0.040	

注(1) 通常、熱処理によって調整する。

(2) JIS B 0021 による。

- b) 種類による使用範囲 A 片は、それによるアーケハイトが通常、0.15～0.60 mm の範囲で用い、それよりピーニング強度の低い範囲には N 片を、高い範囲には C 片を用いる。

参考 N 片、A 片及び C 片以外にテストストリップ (H 片) を用いる場合がある。各片の使用範囲を、参考図 1 に示す。



参考図 1 N 片, A 片, C 片及び H 片によるアーカークハイト

- c) **保持具** アルメンストリップは、図 2 に示す鋼製の保持具に固定して用いる。保持具は、十分な厚さ及び平坦な取付け面を備え、ショットピーニングの間、アルメンストリップを安定に固定しておくことができるものとするが、固定によってアーカークハイトに影響を及ぼすことがあってはならない。

なお、括弧の数値は、参考値である。

単位 mm

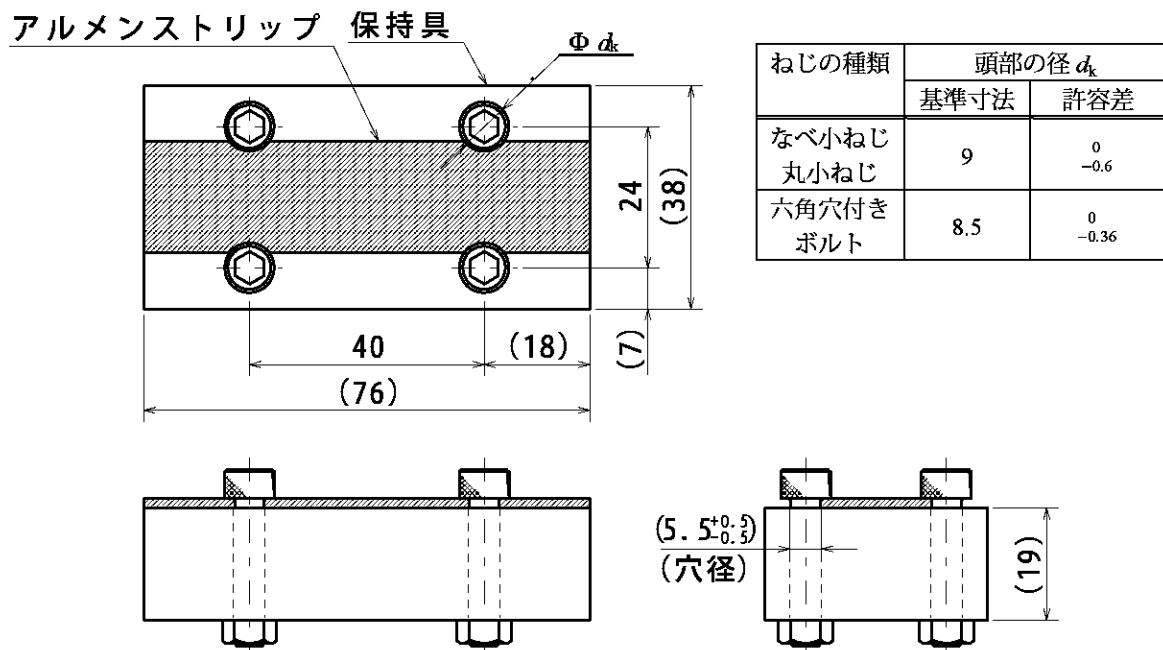


図 2 保持具の形状及び寸法

参考 ねじの締め付けによってアーカークハイトに影響を与えるかどうかは、実験によって確かめることができる。

7. アークハイトの測定 アークハイトは、ショットピーニングを施したアルメンストリップの、ショットピーニングを施さない面について、**図 3** のように同一基準平面上にある点 a, b, c 及び d に対し、その中点 e における基準平面からの高さとして求める。アークハイトの数値は 0.01 mm までアルメンゲージ(附属書 6 参照)によって求める。

アークハイトは、使用したアルメンストリップの種類を括弧内に記し、次の例のように書く。

例 0.35 mm (A) アルメンストリップ A 片を用い、アークハイト 0.35 mm のとき

0.20 mm (C) アルメンストリップ C 片を用い、アークハイト 0.20 mm のとき

単位 mm

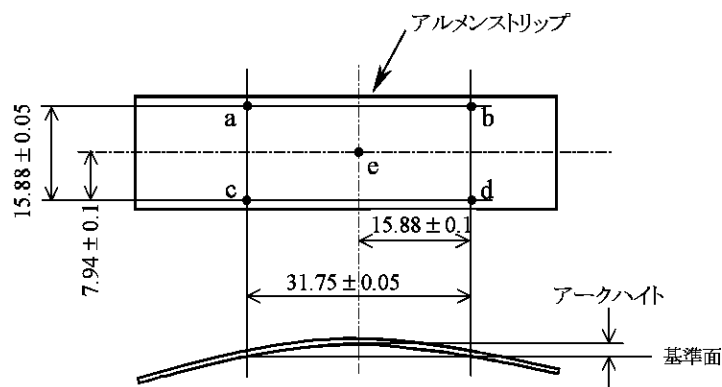


図 3 アークハイトの定義

8. カバレージの測定 カバレージは、処理品の指定位置の表面で測定する。ただし、受渡当事者間の合意によって、アルメンストリップの表面で測定することでこれに替えてもよい。数値は、**JIS Z 8401** によって 5 % 単位に丸めて表す。

カバレージは、処理表面を適当な倍率で拡大観察し、**附属書 2** に示す標準写真と比較して定めてもよい。

カバレージが 100 % に達する時間を単位としてショットピーニングの時間を指定する場合、その 2 倍をカバレージ 200 %、3 倍をカバレージ 300 % などという。

参考 アルメンストリップを用いる場合は、ショット粒による打こん(痕)を観察しやすいようにあらかじめ表面をバフなどで磨いておいてもよい。

9. ショットピーニング装置 ショットピーニング装置は、処理品に対し、ショットを所定の方向から一定速度で投射し衝突させる手段を備えたもので、指定したピーニング強度を実現できる構造とする。ショットピーニング装置には次の機能を備えなければならない。

備考 ショットはできるだけ処理面に垂直に衝突させることが望ましいが、処理品の形状によっては困難なこともある。そのようなときもショット流に対する処理面の角度を変えるなどによって、一方向だけからの斜め投射は避けるのがよい。

- a) **流量制御機能** 単位時間あたりに投射するショットの流量を設定できるものとし、設定範囲を外れたときは必要な表示・警告などをする機能をもつものとする。
- b) **ショット選別機能** ショットピーニング中に、異物、破碎ショットなどを選別除去し、常に指定の粒度分布を維持するものとする。
- c) **遮へい(蔽)機能** 処理品のショットピーニングを施さない部位に、ショットを当てないための遮へい(蔽)を行うことができるものとする。ただし、受渡当事者間の合意によって、処理品の当該部位

をあらかじめマスキングすることでこれに替えてもよい。

- d) **姿勢変更機能** 処理品の移動・回転又はその両方を行うことによって、ショット流の中で処理品の姿勢を変えることができるものとする。ただし、バッチ操業の場合には、この機能を備えていなくてもよい。
- e) **モニタリング機能** ショットピーニングを施す間、ショットの流量及び装置の稼働の安定性を継続的に監視できるものとする。

なお、監視データの記録機能を備えることが望ましい。

参考 遠心式の装置では回転数及び電流値、空気流式の装置では、空気圧及び流量を監視することが多い。

10. ショットピーニングの管理 ショットピーニングの管理は、次の値が目標範囲内にあることを確認することによって行う。

- a) **アークハイト** 測定は、同一条件でのショットピーニング開始時及び終了時に行う。ただし、カットワイヤショット、コンディションドカットワイヤショット及び鋳鋼ショットの場合、操業が10時間を超え継続するときは、10時間ごとに測定する。ガラスビーズ及びセラミックビーズの場合は、受渡当事者間の合意によって10時間より短い時間間隔ごとに測定する。

測定に用いるアルメンストリップの数及び配置は、受渡当事者間の合意によって定める。

- b) **カバレッジ** 測定頻度、並びに測定面及び配置は受渡当事者間の合意によって定める。
- c) **粒度分布** 測定頻度は、受渡当事者間の合意によって定める。

11. 残留応力の測定 ショットピーニングによる残留応力は、**附属書3**に規定する方法によって測定する。ただし、受け渡し当事者間の合意によって省略することができる。

12. 記録及び報告 次の事項を記録し、発注者の要求によって、報告しなければならない。

- a) アークハイト
- b) カバレッジ又は処理時間
- c) その他（ショットの種類、ショットピーニングの装置及び条件）
- d) 残留応力（受渡当事者間の合意によって測定を省略することができる。）

13. 表示 ショットピーニングには、送り状（納品書を含む）又は荷札に、必要に応じて次の事項を表示する。

- a) 加工の名称
 例 普通ピーニング
 二段ピーニング
- b) ショットの種類
- c) アークハイト
- d) 処理品の数量又は質量
- e) 加工業者名又はその略号
- f) 加工年月日

附属書 1 (規定) ショットの品質及び試験方法

1. **適用範囲** この附属書は、ショットピーニングに用いるショットの品質及び試験方法について規定する。

2. ショットの品質

2.1 **鉄鋼ショット** 鉄鋼ショットは、密度 7.45 g/mL 以上の鉄鋼でほぼ球形とし、その種類及び粒度分布、並びに硬さはそれぞれ**附属書 1 表 1** 及び**附属書 1 表 2** のとおりとする。鉄鋼ショットには凝着などのある不整粒子、割れその他による鋭角粒子を含んではならない。

附属書 1 表 1 鉄鋼ショットの種類及び粒度分布

ふるい公称 目開き (mm)	粒徑番号																	
	SS400	SS330	SS280	SS240	SS200	SS170	SS140	SS120	SS100	SS80	SS70	SS60	SS50	SS40	SS30	SS15	SS9	SS4
4750	0																	
4000		0																
3350	90%以上		0															
2800	97%以上	90%以上		0														
2360		97%以上	90%以上		0													
2000			97%以上	90%以上		0	0											
1700				97%以上	85%以上		5%以下	0										
1400					97%以上	85%以上		5%以下	0									
1180						97%以上	85%以上		5%以下	0								
1000							96%以上	85%以上		5%以下	0							
850								96%以上	85%以上		10%以下	0						
710									96%以上	85%以上		10%以下	0					
600										96%以上	85%以上		10%以下	0				
500											97%以上			10%以下				
425												85%以上			0			
355												97%以上	80%以上		10%以下			
300														80%以上		0		
250													90%以上			10%以下		
180														90%以上	80%以上			
150																	0	
125															90%以上		10%以下	
106																70%以上		
90																		0
75																80%以上		10%以下
45																	70%以上	
38																		50%以上

注⁽¹⁾ JIS Z 8801-1 による。

附属書 1 表 2 鉄鋼ショットの硬さ

呼び硬さ HV													許容差
250 ⁽²⁾	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850		±50

注⁽²⁾ ステンレス鉄鋼ショットにだけ適用する。

なお、ステンレス鉄鋼の化学成分は JIS G 5121 による。

2.2 **カットワイヤショット** カットワイヤショットは線材を線径と同等長さに切断したもので、寸法、化学成分及び硬さはそれぞれ**附属書 1 表 3～5** のとおりとする。

附属書 1 表 3 カットワイヤショットに用いる線材の寸法

名称	呼び径 mm										線径許容差 mm	切断長さ許容差 %
CW	—	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	±0.02	±20
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	±0.03	±15
	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	±0.04	±10

附属書 1 表 4 カットワイヤショットの化学成分 (%)

材質	C	Si	Mn	P	S	備考
ステンレス鋼以外	0.39～0.96	0.10～0.35	0.30～0.90	0.035 以下	0.035 以下	
ステンレス鋼	—	—	—	—	—	JIS G 4308 による

附属書 1 表 5 カットワイヤショットの硬さ

呼び硬さ HV				許容差
350	500	580	700	±50

2.3 コンディションドカットワイヤショット コンディションドカットワイヤショットは、カットワイヤショットの角の部分丸めたもので、附属書 1 表 3～4 によるほか、質量について附属書 1 表 6、硬さについては附属書 1 表 7 のとおりとする。

なお、角の丸めの程度を表す円形度は 85 %以上でなければならない。

備考 附属書 1 表 3～4 を適用する場合には、カットワイヤショットをコンディションドカットワイヤショットと読み替える。

附属書 1 表 6 コンディションドカットワイヤショットの種類及び質量

名称	呼び径 mm										質量 ⁽³⁾ mg/粒	質量許容差 %
CCW	—	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	$\frac{\pi d^2 l}{4} \rho$	±20
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0		±15
	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0		±10

注⁽³⁾ ただし、 $\pi=3.14$ 、 d は呼び径 (mm)、 l は切断長さ (mm)、 ρ は密度で 7.8 (g/mL) とする。通常、 $l=d$ であるから、質量は $6.12 \times d^3$ から求めてもよい。

附属書 1 表 7 コンディションドカットワイヤショットの硬さ

呼び硬さ HV					許容差
350	500	580	700	800	±50

2.4 ガラスビーズ ガラスビーズは、 SiO_2 を質量分率 62（％）以上含む密度 2.30 g/mL 以上、硬さがおよそ 500 HV の球形のガラス粒子で、その種類及び粒度分布は**附属書 1 表 8**、形状均質度は**附属書 1 表 9**のとおりとする。ガラスビーズは、表面に割れ、破砕面などがある鋭角粒子を 3 ％以上含んでいてはならない。

附属書 1 表 8 ガラスビーズの種類及び粒度分布

ふるい公称 目開き (mm)	粒径番号														
	GB70	GB60	GB50	GB40	GB35	GB30	GB25	GB20	GB18	GB15	GB12	GB10	GB9	GB8	GB6
1000	0														
850	5%以下	0													
710		5%以下	0												
600	90%以上		5%以下	0											
500		90%以上		5%以下	0										
425			90%以上		5%以下	0									
355	95%以上			90%以上		5%以下	0								
300		95%以上			90%以上		5%以下	0							
250			95%以上			90%以上		5%以下	0						
212				95%以上	95%以上		90%以上		5%以下	0					
180						95%以上		90%以上		5%以下	0				
150							95%以上		90%以上		5%以下	0			
125								95%以上		90%以上		5%以下	0		
106									95%以上		90%以上		5%以下	0	
90										95%以上		90%以上		5%以下	0
75													90%以上		5%以下
63											95%以上			90%以上	
53												95%以上			90%以上
45													95%以上		
38														95%以上	95%以上

附属書 1 表 9 ガラスビーズの形状均質度

	GB70	GB60～GB30	GB25～GB15	GB12～GB6
形状均質度	65 %以上	70 %以上	80 %以上	90 %以上

2.5 セラミックビーズ セラミックビーズは、密度 3.60～3.95 g/mL、硬さ 735 HV±75 HV の球形セラミックで、その化学成分、種類及び粒度分布はそれぞれ**附属書 1 表 10** 及び**附属書 1 表 11**のとおりとする。セラミックビーズには割れ、破砕面などの表面欠陥があってはならない。

附属書 1 表 10 セラミックビーズの化学成分（％）

ZrO_2	SiO_2	その他 (Al_2O_3 , TiO_2 など)
60～70	28～33	合計 1 以下

附属書 1 表 11 セラミックビーズの種類及び粒度分布

ふるい公称 目開き (μm) (1)	粒径番号															
	CB100	CB85	CB70	CB60	CB50	CB40	CB35	CB30	CB25	CB20	CB18	CB15	CB12	CB10	CB9	CB8
1400	0															
1180	5%以下	0														
1000		5%以下	0													
850	90%以上		5%以下	0												
710	97%以上	90%以上		5%以下	0											
600			90%以上		5%以下	0										
500		97%以上		90%以上		5%以下	0									
425			97%以上		90%以上		5%以下	0								
355				97%以上		90%以上		5%以下	0							
300					97%以上		90%以上		5%以下	0						
250						97%以上	97%以上	90%以上		5%以下	0					
212							97%以上	90%以上		5%以下	0					
180								97%以上	90%以上		5%以下	0				
150									97%以上	90%以上		5%以下	0			
125										97%以上	90%以上		5%以下	0		
106											97%以上	90%以上		5%以下	0	
90													90%以上		5%以下	0
75													97%以上		90%以上	5%以下
63														97%以上		90%以上
53															97%以上	90%以上
45																97%以上
38																96%以上

3. ショットの試験方法

3.1 ショットの種類及び試験項目 ショットの種類に応じ、附属書 1 表 12 の ○ を付した項目を実施する。受渡当事者間の合意によって、カットワイヤショットの寸法試験は質量試験に、コンディションドカットワイヤショットの質量試験は粒度分布試験に、それぞれ置き換えることができる。

カットワイヤの寸法試験を質量試験に置き換える場合、附属書 1 表 6 のコンディションドカットワイヤの質量と同じ計算方法を用いる。

コンディションドカットワイヤショットの質量試験を粒度分布試験に置き換える場合、呼び径 (mm) を 1/100 mm 単位で表した数値と同じ粒径番号の鋳鋼ショットの粒度分布を基準とする。ただし、該当する粒度番号がない場合は一つ小さい番号を用いる。

附属書 1 表 12 ショットの種類及び試験項目

ショットの種類	形状寸法に関する特性				材質に関する特性	
	寸法試験	質量試験	形状試験	粒度分布試験	硬さ試験	密度試験
鋳鋼ショット	—	—	—	○	○	○
カットワイヤショット	○	(○)	—	—	○	—
コンディションド カットワイヤショット	—	○	○ (円形度)	(○)	○	—
ガラスビーズ	—	—	○ (形状均質度)	○	—	○
セラミックビーズ	—	—	—	○	○	○

3.2 寸法試験 カットワイヤショット及びコンディションドカットワイヤショットの切断前の線径は、マイクロメータによって 0.01 mm まで測定する。カットワイヤショットの切断長さは、無作為に抽出した 10 個のショットについて、投影形状の中心線長さを 0.05 mm まで測定し、その平均値で表す。

3.3 質量試験 コンディションドカットワイヤショットの質量は、無作為に抽出した 20 個のショットを 0.1 mg まで計量したうえで 1 個あたりに換算して表す。

3.4 形状試験

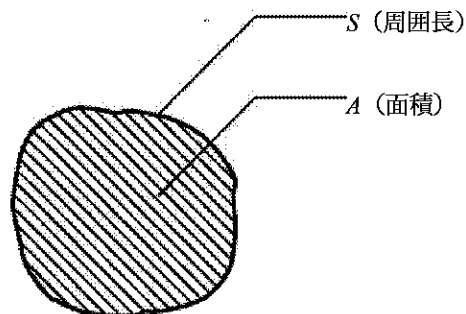
3.4.1 円形度試験 コンディションドカットワイヤショットの球形の程度は、無作為に抽出した 10 個のショットについて次の式から円形度を求め、その平均値をもって表す。円形度は % で表し、JIS Z 8401 によって 5 % 単位に丸める。

$$C = \frac{4\pi A}{S^2} \times 100$$

ここに、 C ： 円形度

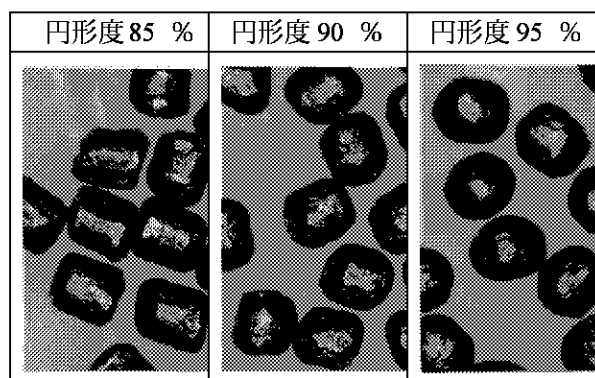
A ： ショットの長手方向形状の投影面積（附属書 1 図 1 参照）

S ： 投影形状の周囲長（附属書 1 図 1 参照）



附属書 1 図 1 コンディションドカットワイヤショットの投影図

参考 円形度は画像処理法などによって求めるのが便利である。また、円形度は受渡当事者間の合意によって、無作為に抽出した 10 個以上のショットについて拡大写真を撮り、附属書 1 図 2 に示す形状写真と比較して判定してもよい。

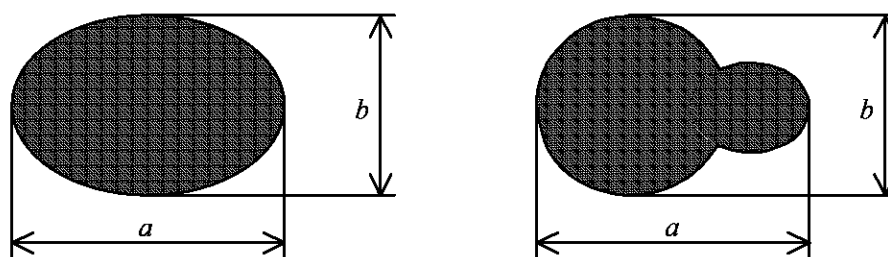


附属書 1 図 2 コンディションドカットワイヤショットの円形度

3.4.2 形状均質度試験 ガラスビーズの球形の程度は、無作為に抽出したビーズ N 個について次の式から求めた形状均質度をもって表す。形状均質度は%で表し、JIS Z 8401 によって整数に丸める。

$$R_c = \left(1 - \frac{n}{N}\right) \times 100$$

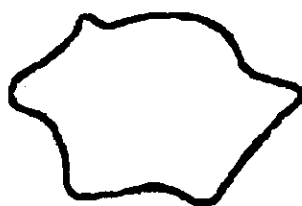
ここに、 R_c ：形状均質度
 N ：試験ビーズの総数で、おおむね 200～1 000 程度とする。
 n ：投影形状で見た長径 a と短径 b との比が 1.2 を超えるビーズの数。



附属書 1 図 3 ガラスビーズの長径、短径の測り方

参考 N は、適当量（例えば、1 g）の試験ビーズを平板上に重ならないように広げ、総数を数えた結果から決めてよい。

ガラスビーズに含まれる鋭角粒子の割合も、このとき合わせて評価する。鋭角粒子の数は、 N 及び n の中に含めてよい。附属書 1 参考図 1 に、鋭角粒子の例を示す。



附属書 1 参考図 1 ガラスビーズに含まれる鋭角粒子の例

3.5 粒度分布試験 鋳鋼ショット、コンディションドカットワイヤショット、ガラスビーズ及びセラミックビーズの粒度分布試験は、JIS G 5904 による。

3.6 硬さ試験 鋳鋼ショット、カットワイヤショット、コンディションドカットワイヤショット及びセラミックビーズの硬さは、無作為に抽出した 10 個のショットの断面について、JIS Z 2244 によって、試験力 0.490 3~4.903 N で求め、その平均値をもって試験結果とする。硬さの測定面及び位置は、カットワイヤショットでは線材の軸に直角な断面上で中心から $d/4$ (d は線径) 付近、コンディションドカットワイヤショットでは、線材の軸に沿った断面上で軸中心から $d/4$ 付近、鋳鋼ショット及びセラミックビーズではショット中心を通る断面上の $d/4$ 付近で、それぞれ測定する。ショットはいずれも試料埋め込み樹脂に埋めて固定し、測定面をよく研磨して測定する。

3.7 密度試験 密度 ρ は、あらかじめ測定した質量 $m(\text{g})$ のショットを測定容器内のエタノール中に入れ、そのときの液面の上昇から求めた体積 $V(\text{mL})$ を用い、次の式のように求める。試験するショットの量は、鋳鋼ショットでは約 100 g、ガラスビーズ及びセラミックビーズでは約 50 g とし、容器内の液量は約 50 mL とする。いずれも質量は 0.1 g、液面変化は 0.1 mL まで読み取るものとする。

$$\rho = \frac{m}{V}$$

ここに、
 ρ : 密度 (g/mL)
 m : 質量 (g)
 V : 体積 (mL)

4. 記録及び報告 附属書 1 表 13 に規定の事項を記録し、要求のあった場合は報告しなければならない。

附属書 1 表 13 記録及び報告事項

ショットの種類	寸法又は粒度	形状	密度	硬さ	備考 ^(*)
鋳鋼ショット	粒度分布	—	○	○	
カットワイヤショット	線径及び切断長さ	—	—	○	切断長さは、質量に替えてもよい。 (附属書 1 の 3.1 参照)
コンディションド カットワイヤショット	質量	円形度	—	○	質量は、粒度分布に替えてもよい。 (附属書 1 の 3.1 参照)
ガラスビーズ	粒度分布	形状均 質度	○	—	硬さについては受渡当事者間の合意 によって適用する。
セラミックビーズ	粒度分布	—	○	○	

注^(*) 受渡当事者間の合意によって適用する。

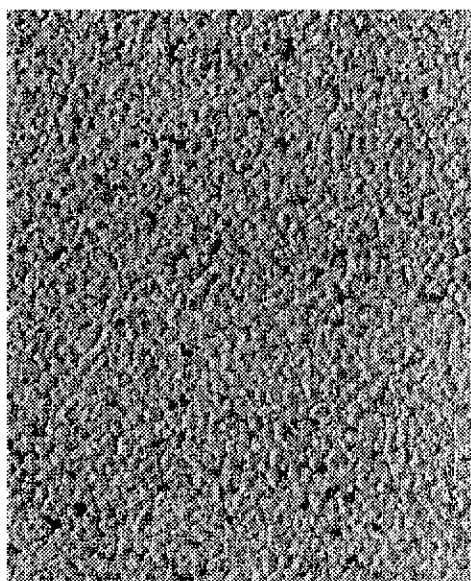
備考 ○は、該当することを示す。

5. 表示 ショットの種類の表示は、次のように行う。

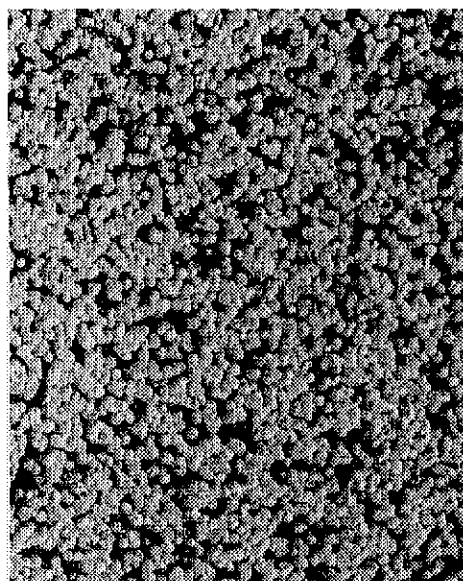
例 SS 280 (550 HV) 粒度が 280 番の鋳鋼ショットで硬さが 550 HV のもの
 CW 0.8 (580 HV) 呼び径 0.8 mm のカットワイヤショットで硬さが 580 HV のもの
 CCW 0.6 (700 HV) 呼び径 0.6 mm のコンディションドカットワイヤショットで硬さが 700 HV のもの
 GB 60 粒度が 60 番のガラスビーズ
 CB 70 粒度が 70 番のセラミックビーズ

附属書 2（規定）カバレージの標準写真

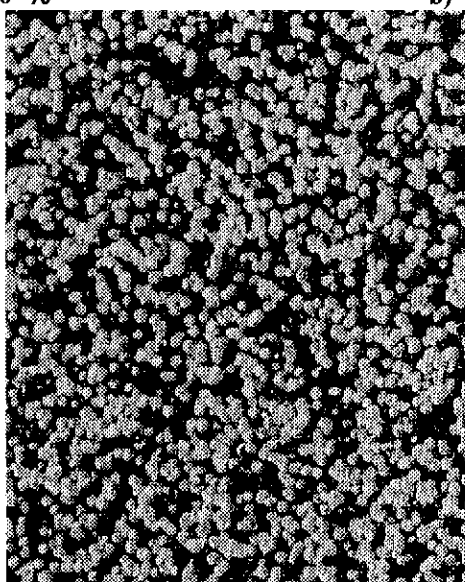
- 1. 適用範囲** この附属書は、ショットピーニングによるカバレージの評価に関する標準写真について規定する。
- 2. 標準写真** 附属書 2 図 1 に示す。



a) カバレージ 100 %



b) カバレージ 80 %



c) カバレージ 60 %

附属書 2 図 1 カバレージの標準写真

附属書 3 (規定) 残留応力の測定方法

1. 適用範囲 この附属書は、ショットピーニング処理後の処理品の残留応力を X 線応力測定法によって求める方法について規定する。

2. 測定面 処理品の測定面は、汚れ及び異物を取り除いたできるだけ平たんな面とし、次のようでないといけない。

備考 残留応力測定において X 線回折に関与する原子面は、通常の条件では表面から 5 μm 程度の深さ範囲にあるものに過ぎないので、妨げになる因子はできるだけ取り除く必要がある。

- a) **ショットピーニング後の表面** 処理品の測定試料面には、いかなる変形又は加工も加えてはならない。
- b) **深さ方向の内部表面** 処理品の表面から深さ方向における残留応力の分布を測定する場合は、入射 X 線束の断面寸法のほぼ 2 倍の範囲を、化学研磨又は電解研磨によって、所定の深さになるように除去するものとする。

備考 化学研磨又は電解研磨は、それによって新たな残留応力を生じない加工方法として用いるもので、できるだけ平滑に仕上げ、かつ、温度変化による熱応力を生じないように注意しなければならない。

- c) **マスキング** 測定面が湾曲している場合は、平面とみなせる程度の面積を残してマスキング〔遮へい(蔽)〕する。ただし、入射 X 線を制限できる場合は、この限りではない。

参考 マスキングには、市販のビニールテープを用いるのが便利である。

3. 測定装置 装置は、次の機能を備えるものとする。

- a) **X 線発生機能** 特性 X 線を発生する X 線管に少なくとも、 30 ± 5 kV 程度の電圧と X 線管の許容最大電流とを供給できなければならない。
- b) **平行 X 線機能** 入射 X 線は平行ビームあって、その発散角は $\pm 0.5^\circ$ 以下でなければならない。
- c) **入射角設定機能** 入射角は少なくとも $-15^\circ \sim +50^\circ$ の範囲で任意に設定できなければならない。
- d) **強度分布曲線測定機能** 回折角 $140^\circ \sim 170^\circ$ の範囲において、強度分布曲線を測定できなければならない。

4. 測定方法 測定は、次のように行う。

備考 X 線を取り扱うために、国内においては労働安全衛生規則及び電離放射線障害防止規則、国外においては当該国の関連規範に基づき、所定の放射線管理を行わなければならない。

- a) **特性 X 線** 処理品の材質に応じ、**附属書 3 表 1** に示すとおりとする。

附属書 3 表 1 特性 X 線の種類及び使用区分

処理品の材質	特性 X 線	フィルタ (厚さ μm)	基準回折角 $2\theta_0$ ($^\circ$)	η 角 ($^\circ$)	応力係数 k ($\text{MPa}/^\circ$)
軟鋼及び熱処理鋼 ⁽¹⁾	Cr K α	V (10~12)	156.4	11.8	-318
ステンレス鋼 ⁽²⁾ , Ni 合金鋼	Mn K α	Cr (10~12)	152.0	14.0	-336
アルミニウム及びアルミニウム合金	Co K α	Fe (10~12)	163.5	8.2	-73

注⁽¹⁾ α 相の鋼と、焼戻しマルテンサイト組織の鋼

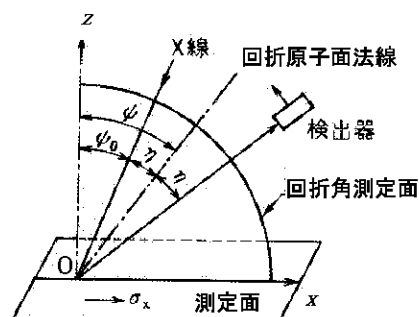
⁽²⁾ γ 相のステンレス鋼。SUS304, 316 など。

参考 η 角は、原子面法線と回折 X 線とのなす角で、 $\eta=90-\theta_0$ である。

- b) **入射角の設定** 入射角 ψ は、強度分布曲線の両すそまで確実に測定できる範囲で、なるべく離れた 2 以上の値に設定する。一般には、 $\sin^2 \psi$ の値がほぼ等間隔に異なる 4 以上の値を選ぶことが望ましい。
- c) **強度分布曲線の測定** 強度分布曲線の測定は、ピーク位置を確実に決定できるよう、基準回折角 $2\theta_0$ を中心に十分な角度範囲及びカウント数で行う。

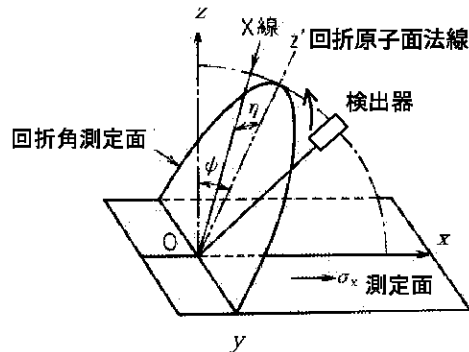
参考 通常、最大値が 1 000 カウント/秒以上で、かつ、基準回折角を中心に予想半価幅の 3 倍程度の角度範囲を測定するのがよい。特に、強度分布をデジタル信号として計測するときは、半価幅の 1/40 程度の等間隔角でサンプリングするのがよい（附属書 3 の 5.2 参照）。

- 1) **並傾法の場合** 通常の応力測定においては、附属書 3 図 1 のように、測定面の法線方向 z と測定する応力の方向 x とで決まる z - x 平面内で X 線を入射し、回折角を測定する。この方法を並傾法という。



附属書 3 図 1 並傾法における回折角の測定

- 2) **側傾法の場合** 測定面の形状などによって並傾法を適用できない場合には、**附属書3図2**のように、 z - x 面上の任意方向 z' を含み、 z - x 面に直交する z' - y 平面内で X 線を入射し、回折角を測定する。この方法を側傾法という。入射 X 線の角度は、軸 z' に対し $-\eta$ となるように設定する。



附属書3図2 側傾法における回折角の測定

参考 側傾法は歯車の歯底のように、 x 方向に障害物があり回折 X 線が遮られる場合などに用いる。

5. データの解析

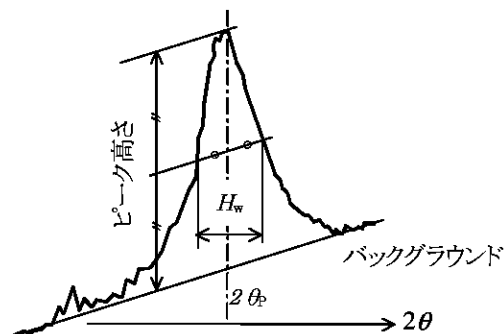
5.1 吸収補正 並傾法における回折 X 線の強度 I は、角 θ に依存する行路差による系統的な吸収減衰があるため、次の補正係数 κ を用い、 κI に補正する。

なお、側傾法の場合は補正しなくてよい。

a) ψ_0 一定の装置の場合
$$\kappa = 1 - \frac{\tan(\psi_0 - \theta + 90)}{\tan \theta}$$

b) ψ 一定の装置の場合
$$\kappa = 1 - \frac{\tan \psi}{\tan \theta}$$

5.2 ピーク位置決定 附属書3図3のように、吸収補正後の強度分布曲線について半価幅 H_w を求め、その中点に相当する回折角をピーク位置 $2\theta_p$ とする。



附属書3図3 半価幅中点法

なお、受渡当事者間の合意によって、ピーク位置はその他の方法によって決定してもよい。

5.3 残留応力の算出 残留応力の値は、 $\sin^2\psi$ - 2θ 線図のこう配 M に、**附属書 3 表 1** の応力係数 k を乗じて算出する。 M は直線回帰によって求めるが、 $\sin^2\psi$ - 2θ 線図上で実験点に目視で当てはめた直線から求めてもよい。

直線回帰による場合は、 $x = \sin^2\psi$ 、 $y = 2\theta$ とおき、 n を X 線入射回数とすると、次の式のように求める。

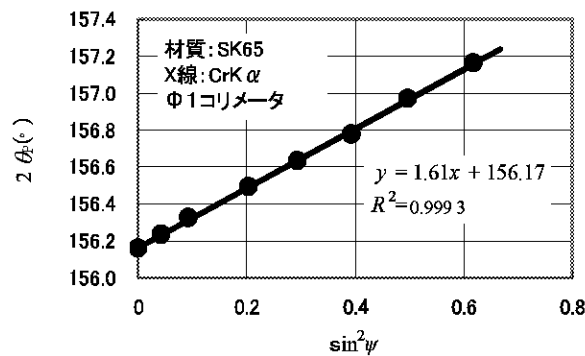
$$M = \frac{SXY}{SSX}$$

ただし、 $SXY = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$ 、 $SSX = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$ 、 $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$ 、 $\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$ である。

応力値は、引張応力は＋、圧縮応力は－符号を付して表示し、**JIS Z 8401** によって、10 MPa 単位に丸める。

参考 **附属書 3 参考図 1** は、ショットピーニングを施した試料について残留応力を測定した例である。

図中に示すように直線回帰から $M = 1.61$ であり、 $k = -318 \text{ MPa/}^\circ$ であるから、残留応力は $\sigma_R = -318 \times 1.61 \approx -510 \text{ MPa}$ となる。



附属書 3 参考図 1 $\sin^2\psi$ - 2θ 線図の例

5.4 信頼度 残留応力の信頼度は $\sin^2\psi$ - 2θ 線図の直線性によって評価し、こう配 M の標準誤差の変動係数 η で表す。次の式によって求める。

$$\eta = \sqrt{\frac{1}{n-2} \left(\frac{SSR}{SSY} - 1 \right)}$$

ただし、 $SSR = \sum_{i=1}^n \{y_i - \bar{y} - M(x_i - \bar{x})\}^2$ 、 $SSY = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$

信頼度は、%単位に丸めて表す。

備考 $\sin^2\psi$ - 2θ 線図が直線状にならなかったり、著しくばらつく場合は、装置の幾何学的精度、測定品の結晶粒度・優先方位などに問題があることが多い。通常、 η が 10 % 以下であれば、特に問題と考える必要はない。

なお、回帰の寄与率（又は決定度係数） R^2 が得られる場合は、信頼度は次の式から求めてもよい。

$$\eta = \sqrt{\frac{1}{n-2} \left(\frac{1}{R^2} - 1 \right)}$$

備考 $R^2 = 1 - SSR/SSY$ の関係がある。

参考 附属書 3 参考図 1 の例では、 $R^2 = 0.9993$ で $n = 8$ であるから、 $\eta = 0.01$ 、すなわち信頼度は 1 % である。

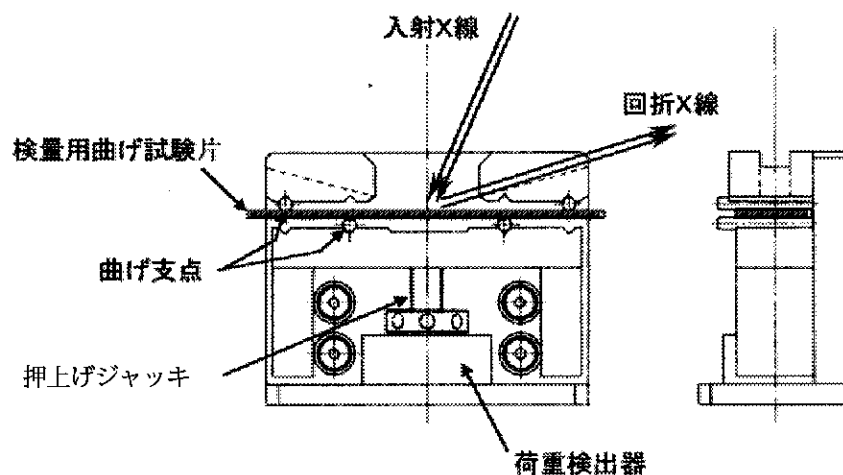
6. 装置の検査 装置は所要の機能を発揮することを確認するほか、次のように検査を行う。

a) **ゼロ点の検査** 無ひずみ状態の鉄又は銀の粉末について応力測定を行い、 $\pm 25 \text{ MPa}$ 以下であることを確認する。

なお、銀粉末を用いる場合、特性 X 線は $\text{CrK}\alpha$ とし、 $2\theta_0 = 152.1^\circ$ 、応力係数は $k = -128 \text{ MPa}^\circ$ とする。

b) **応力値の検量** 既知の応力を負荷した検査用試験片について応力測定を行い、測定値が $\pm 10 \%$ で一致することを確認する。検量に用いる試験片は、なるべく残留応力を測定しようとする処理品と同程度の材質で十分な強度をもつものとし、測定はその弾性範囲で行う。

参考 附属書 3 参考図 2 のような 4 点曲げ負荷装置を用いるとよい。



附属書 3 参考図 2 検量用 4 点曲げ負荷装置

7. 報告 次の事項を記録し、依頼者の要求があった場合に報告しなければならない。ただし、受渡当事者間の合意によって事項は省略することができる。

a) **測定面の状態** 測定部位、電解研磨又は化学研磨の有無と、その面積、除去深さ。

b) **測定方法** ψ_0 一定法又は ψ 一定法の別、並傾法又は側傾法の別、入射角の数及びその角度。

c) **X 線条件** 特性 X 線の種類、フィルタの種類、X 線管の出力 (kV, mA)、X 線を垂直入射したときの照射範囲 (mm×mm)、入射 X 線の発散角又はコリメータ径、使用検出器の種類。

d) **測定データ** 各入射角に対する強度分布曲線 (吸収補正の有無を明記)、ピーク位置決定法、半価幅、 $\sin^2 \psi$ - 2θ 線図、残留応力値及び信頼度。

附属書 4 (参考) ばねのショットピーニング方法

序文 この附属書は、疲労寿命の改善を目的として行う自動車用、鉄道車両用及び建設機械用の重ね板ばね、熱間及び冷間成形コイルばねのショットピーニング方法を参考として示すもので、規定の一部ではない。

備考 重ね板ばねは JIS B 2710、熱間及び冷間成形コイルばねは JIS B 2704 に規定されたものであり、ショットピーニングによって所期の疲労寿命を得ることができたかどうかは、それぞれの規格に従い試験評価する。

参考 ショットピーニングは、ばねの疲労破壊を起こしやすい部位を中心に行うとよい。例えば、通常の圧縮コイルばねでは、コイル内側表面から疲労き裂が発生しやすいことが知られている。

1. 定義 この附属書で用いる主な用語の定義は、次による。

a) セッチング ショットピーニングを施したばねに、使用条件の負荷と同方向の過負荷を加え、塑性変形させる処理をいう。

備考 セッチングは、冷間加工硬化によって、主として低温クリープ性の改善を目的として行う。この後、250℃程度の時効熱処理を加えると、更に特性改善が期待できる。

2. ショットピーニングの種類 ばねの種類及び要求特性によって、普通ピーニング、多段（二段）ピーニング、ストレスピーニング又は温間ピーニングのいずれを用いるかを決定する。

参考 附属書 4 表 1 に、各種ばねに一般に用いるショットピーニングの種類を示す。

附属書 4 表 1 各種ばねのショットピーニングの種類

	ショットピーニング法	普通ピーニング	多段（二段） ピーニング	ストレスピーニング	温間ピーニング
熱間成形ばね	重ね板ばね	○	○	○	—
	自動車懸架用コイルばね	○	○	—	○
	鉄道車両用懸架コイルばね	○	—	—	—
	建設機械用コイルばね	○	—	—	—
冷間成形ばね	自動車懸架用コイルばね	○	○	—	○
	内燃機関用コイルばね	○	○	—	—

備考 ショットピーニングの種類は、ばねの種類及び使用目的によって上記以外の組合せを用いることがある。

3. ショットピーニングの条件 ばねの種類及びショットピーニングの種類に応じ、次の附属書 4 表 2～5 の条件を用いる。ショットの種類 SS、CW 及び CCW は、いずれを用いてもよい。

備考 ばねの種類及び使用目的によって、附属書 4 表 2～5 以外の条件を用いることがある。

附属書 4 表 2 普通ピーニングの条件

ばねの種類	ばねの寸法 mm	ショット		アーケハイト mm(A)	カバレッジ %
		径 mm	呼び硬さ HV		
重ね板ばね	板厚 5～45	1.0～1.2	580	0.3 以上	85 以上
自動車用コイルばね	線径 8～20	0.9	580	0.45 以上	90 以上
鉄道用コイルばね	線径 19～53	1.0～1.3	580	0.3 以上	85 以上
建設機械用コイルばね	線径 14～90	1.0～1.3	580	0.3 以上	85 以上
内燃機関用コイルばね	線径 2.0～5	0.45～0.8	500～800	0.25～0.5	85 以上

附属書 4 表 3 二段ピーニングの条件

ばねの種類	ばねの寸法 mm		ショット		アーケハイト mm(A)	カバレッジ %
			径 mm	呼び硬さ HV		
重ね板ばね	板厚 6～50	1 段目	1.0	580 以上	0.4 以上	85 以上
		2 段目	0.4～0.6	580 以上	0.2 以上	95 以上
自動車用コイルばね	線径 8～20	1 段目	0.9	580 以上	0.4 以上	85 以上
		2 段目	0.7	580 以上	0.2 以上	85 以上
内燃機関用コイルばね	線径 2～5	1 段目	0.6～0.8	580 以上	0.5 以上	85 以上
		2 段目	0.2～0.5	580 以上	0.25 以上	85 以上

附属書 4 表 4 ストレスピーニングの条件

ばねの種類	ばねの寸法 mm	応力 MPa	ショット		アーケハイト mm(A)	カバレッジ %
			径 mm	呼び硬さ HV		
重ね板ばね	板厚 6～50	600 以上	1.0～1.2	580	0.45 以上	85 以上

附属書 4 表 5 温間ピーニングの条件

ばねの種類	ばねの寸法 mm	温度 ℃	ショットの種類		アーケハイト mm(A)	カバレッジ %
			径 mm	呼び硬さ HV		
自動車用コイルばね	線径 8～30	200～300	0.9	580	0.4 以上	85 以上

4. ショットピーニングの管理

4.1 ピーニング強度の測定部位 アークハイトは、ばねの処理面にアルメンストリップ保持具を取り付けて測定する。内燃機関用コイルばねなど、ばねの表面にアルメンストリップ保持具を取り付けることができない場合は、ショット流に対する保持具の位置及び姿勢を、できるだけ実際のばねと近い状態に置かなければならない。

4.2 カバレージの測定部位 カバレージは、ばねの表面で測定する。

備考 アークハイト及びカバレージは、ばねの目的とする疲労寿命を実現できるものでなければならない。例えば、重ね板ばねでは、表面の疲労破壊の起点になりやすい部位を測定する。

5. 後処理 やむを得ない場合を除き、ショットピーニング後は加熱及び塑性加工を行ってはならない。ショットピーニングを施した表面はさびやすいので、防せい（錆）に注意しなければならない。

備考 ショットピーニング後の加熱は圧縮残留応力を低減する可能性があり、また、塑性加工は引張残留応力を発生する可能性がある。

附属書 5 (参考) 歯車のショットピーニング方法

序文 この附属書は、浸炭焼入焼戻しを施した自動車用歯車の疲労に対する抵抗力の向上を図ることを目的として行うショットピーニング方法を参考として示すもので、規定の一部ではない。

備考 この附属書 (参考は、浸炭焼入焼戻しを施した自動車用歯車について示しているが、浸炭窒化焼入焼戻し、高周波焼入焼戻しなどの表面硬化処理を施した歯車、軸、スプラインなどに適用することは差し支えない。

1. ショットピーニング条件

1.1 ショットピーニングの種類 目的、歯車の種類、表面硬さ、硬化層深さなどの表面特性、施行範囲及び残留応力、表面粗さなどの要求特性によってショットピーニングの種類を決定する。

ショットピーニングの種類には、a)普通ピーニング、b)ヘビーピーニング、c)ファインピーニング及びd)多段 (二段) ピーニングがある。

なお、多段 (二段) ピーニングは、普通ピーニング又はヘビーピーニングとファインピーニングとの組合せによって行い、ピーニング強度が強い順に処理をする。

参考 ショットピーニングの種類は、歯車表面の圧縮残留応力、硬さの分布状態、表面粗さなどに関係し、疲労強度に大きな影響を及ぼす。特に、表面直下の高硬化化と高圧縮残留応力化とは、歯車の疲労強度を大幅に向上させることができる。d)の多段 (二段) ピーニングはこの方法の一つである。

1.2 ショットピーニング装置 歯先曲面、歯面、歯底面、歯元のすみ肉部及び側面をピーニングするための歯車自転機構をもっていなければならない。

なお、この場合には公転機構をもつことが望ましい。

1.3 ショット

a) **種類** 通常、附属書 5 表 1 に示すように鋳鋼ショット(SS)、コンディションドカットワイヤショット(CCW)、ガラスビーズ(GB)及びセラミックビーズ(CB)を使用する。ただし、CCW は、受渡当事者間の合意によって CW に替えることができる。

附属書 5 表 1 ショットピーニングの種類及び使用ショット

ショットの種類	普通ピーニング	ヘビーピーニング	ファインピーニング	二段ピーニング
SS	○	○	○	使用ショットは受渡当事者間の合意によって定める。
CW	△	—	—	
CCW	○	○	○	
GB	—	—	○	
CB	—	—	○	

備考 ○は採用可能、△は受渡当事者間の合意によって適用する。

b) **径** ショット径は、要求表面粗さとアークハイトとを考慮して決める。

なお、歯元のすみ肉部などの曲げ疲労強度向上を目的とするショットピーニングの場合には、歯元

のすみ肉 R などのすみ肉 R 寸法を考慮し、すみ肉 R 寸法より小さい半径（直径の $1/2$ ）のショットを使用する。

- c) **硬さ** 歯車の表面硬さ、要求表面粗さ、アークハイトなどを考慮して、**附属書 5 表 2** のように行う。

なお、歯車の表面硬さ（700 HV 程度）と同等のショットは破碎して消耗することがあるので、その場合には、それより低い硬さのショットを用いてもよい。

参考 浸炭焼入れを施した歯車では、ショットピーニングによる加工変態で残留オーステナイトを減少させることができるため、圧縮残留応力の生成が期待できる。

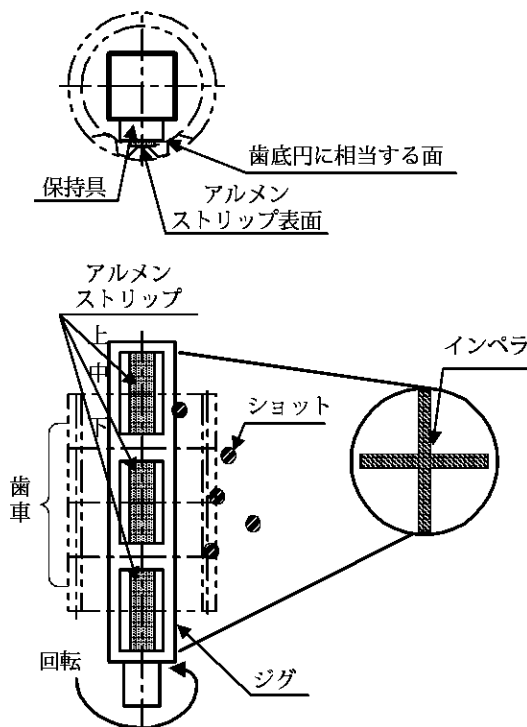
附属書 5 表 2 自動車用歯車のショットピーニング条件

ショットピーニングの種類	ショット		アークハイト	カバレッジ %
	呼び径 mm	硬さ HV		
普通ピーニング	0.6～0.8	580	0.2～0.6 mm (A)	200 以上
ヘビーピーニング	0.6～0.8	700～800	0.2 mm (C) 以上	200 以上
ファインピーニング	0.05～0.1	500～800	0.1～0.4 mm (N)	200 以上
二段ピーニング	ヘビーピーニング	0.6～0.8	0.2 mm (C) 以上	200 以上
	ファインピーニング	0.08	0.25～0.35 mm (N)	200 以上

備考 歯車の種類及び使用目的によって、上記以外の条件を用いてもよい。

2. ショットピーニングの管理

- 2.1 ピーニング強度の測定部位** 複数個を重ねて同時に処理する場合には、歯車の設置範囲にわたって、**附属書 5 図 1** のように上中下段に保持具を取り付ける。



附属書 5 図 1 ピーニング強度の測定部位

2.2 カバレージの測定 カバレージは、200 %以上とする。カバレージの測定は、アルメンストリップで行う。

3. 前処理 焼入油などの油脂類を除去するため、前洗浄を行う。また、ねじ部などのショットピーニングを行ってはならない部位には、マスキングをしなければならない。

参考 めっきはショットピーニングの疲労強度向上効果を低下させるので、避けるべきである。

4. 後処理 必要がある場合を除き、通常、ショットピーニング後には圧縮残留応力の緩和及び引張残留応力が発生する処理をしてはならない。これらには、焼きばめなどの加熱、研削加工、きょう（矯）正を目的とした塑性加工、溶接、めっきなどがある。

参考 軸部の曲りきょう（矯）正及び研削加工を行った場合には、再ピーニングを行う。

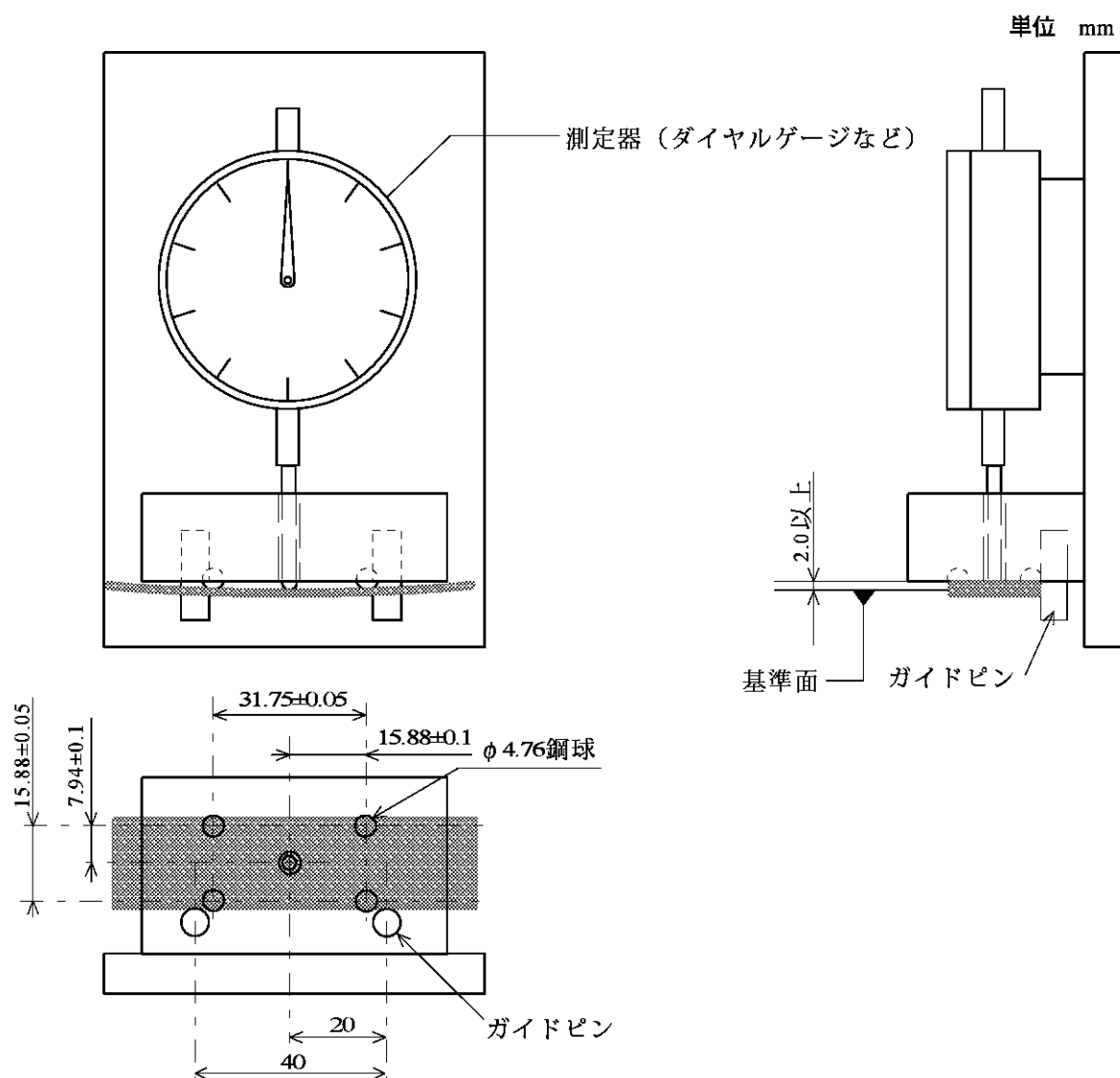
5. 残留応力の測定方法 歯底のすみ肉 R 部及び歯面の歯形方向の残留応力を測定し、表面から深さ方向の残留応力分布で評価する。ただし、残留応力分布の測定は、受渡当事者間の合意で省略することができる。

参考 残留応力測定は、**附属書 3** による側傾法を用いるとよい。

附属書 6 (参考) アルメンゲージ

序文 この附属書は、アークハイトの測定に用いるアルメンゲージについて記述するものであり、規定の一部ではない。

1. アルメンゲージ アルメンストリップの弧状の変形を測定する専用の装置で、**附属書 6 図 1** の構造諸元をもつものとする。測定の基準面となる 4 個の鋼球は、同一平面上になければならない。



附属書 6 図 1 アルメンゲージの諸元

備考 測定器は、アークハイトを 0.01 mm より小さな値まで読み取れるものとする。

関連規格 JIS B 2704 圧縮及び引張コイルばね—設計・性能試験方法

JIS B 2710 重ね板ばね—設計・性能試験方法

JIS G 5903 鑄造ショット及びグリット

JIS Z 2245 ロックウェル硬さ試験—試験方法

X線材料強度部門委員会編，X線応力測定法標準（2002年版），社団法人日本材料学会。

ショットピーニング技術協会，ショットピーニングの方法と効果，1997，日刊工業新聞社。

小木曾克彦，2003年度秋季講演会講演論文集（2003），p.31 ばね技術研究会。