

目 次

	ページ
序文.....	1
1 適用範囲.....	1
2 引用規格.....	1
3 用語, 定義及び量記号.....	1
4 要求事項.....	3
4.1 呼び及び寸法.....	3
4.2 形状及び表面の品質.....	3
4.3 等級及びゲージ.....	3
5 材料.....	3
6 測定方法.....	3
6.1 平均直径及び直径不同.....	3
6.2 真球度.....	4
6.3 ウェビネス.....	4
6.4 表面粗さ.....	4
6.5 ロットの直径の相互差及びゲージ.....	4
7 検査.....	4
8 呼び方.....	4
9 包装及び表示.....	4
9.1 包装.....	4
9.2 表示.....	4
附属書 A (規定) 真球度の評価方法.....	7
附属書 B (規定) ゲージ及び区分けの説明図.....	8
附属書 C (参考) 測定力及び窒化けい素球の質量による弾性接近量の補正.....	10

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、社団法人日本ベアリング工業会(JBIA)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。

この規格は、著作権法で保護対象となっている著作物である。

この規格の一部が、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、このような特許権、出願公開後の特許出願、実用新案権及び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。

転がり軸受—窒化けい素球

Rolling bearings—Silicon nitride balls

序文

この規格は、JIS R 1669:2006（ファインセラミックス—転がり軸受球用窒化けい素材の基本特性及び等級分類）を用いた転がり軸受用球について、JIS B 1501 を基に作成した日本工業規格である。

なお、対応国際規格は、現時点で制定されていない。

1 適用範囲

この規格は、転がり軸受用窒化けい素球について規定する。

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 0104 転がり軸受用語

JIS B 0124 転がり軸受—量記号

JIS B 0633 製品の幾何特性仕様 (GPS)—表面性状：輪郭曲線方式—表面性状評価の方式及び手順

JIS B 0651 製品の幾何特性仕様 (GPS)—表面性状：輪郭曲線方式—触針式表面粗さ測定機の特

JIS B 1501 転がり軸受—鋼球

JIS B 1515-1 転がり軸受—公差—第 1 部：用語及び定義

JIS B 7451 真円度測定機

JIS R 1669 ファインセラミックス—転がり軸受球用窒化けい素材の基本特性及び等級分類

3 用語、定義及び量記号

この規格で用いる主な用語、定義及び量記号は、JIS B 0104、JIS B 0124、JIS B 1501 及び JIS B 1515-1 によるほか、次による。

3.1

窒化けい素球

窒化けい素材を用いた転がり軸受用完成球。

3.2

呼び

窒化けい素球の寸法が同一であることを示すのに一般的に用いる直径の値。呼び及び寸法を表 1 に示す。

3.3**呼び直径, D_w**

呼びを mm 単位で表した値。

3.4**実測直径, D_{ws}**

1 個の窒化けい素球の実際の表面に接する平行二平面間の距離。

3.5**平均直径, D_{wm}**

1 個の窒化けい素球の実測直径の最大値と最小値との算術平均値。

3.6**直径不同, V_{Dws}**

1 個の窒化けい素球の実測直径の最大値と最小値との差。

3.7**真球度**

窒化けい素球表面の最小二乗平均球面の中心をその中心とする，最小外接球面と最大内接球面との半径差。

3.8**ウェビネス**

理想球形からの不規則又は周期的な表面のうねり。

3.9**表面粗さ**

製造方法及び／又は他の影響から生じた，比較的小さな範囲の表面の不均一性。表面粗さは，算術平均粗さ (Ra) で表す。

3.10**表面きず**

製造，保管，取扱い又は使用中に生じた，表面のきず，凹凸，又はそれらの集まりをいう。

注記 表面きずは，表面粗さを構成するものとは異なるものであり，表面粗さ測定に際しては考慮に入れない。

3.11**ロット**

等しいと考えられる条件の下で製造し，同等品として取り扱う一定数量の窒化けい素球。

3.12**ロットの平均直径, D_{wmL}**

ロット内の最大窒化けい素球の平均直径と最小窒化けい素球の平均直径との算術平均値。

3.13**ロットの直径の相互差, V_{DwL}**

ロット内の最大窒化けい素球の平均直径と最小窒化けい素球の平均直径との差。

3.14**等級, G**

寸法，形状，表面粗さ及びゲージ間隔の許容値についての特定の区分（表 2 及び表 3 参照）。

注記 等級は、ラテン文字 G とアラビア数字で表す。

3.15

ゲージ, S

ロットの平均直径と呼び直径との寸法差であって、あらかじめ等級ごとに規定した系列の値。

注記 1 各ゲージは、該当する等級に対して、あらかじめ規定したゲージ間隔の整数倍である（表 3 及び附属書 B 参照）。

注記 2 顧客が正確な窒化けい素球の仕様を指定するためには、等級及び呼び直径だけでなく、ゲージも考慮に入れる。

3.16

ゲージからの寸法差, Δ_S

ロットの平均直径から呼び直径とゲージの和を引いた値（表 3 及び図 B.2 参照）。

$$\Delta_S = D_{wml} - (D_w + S)$$

3.17

サブゲージ

あらかじめ規定した系列の値であり、ロットの平均直径とゲージとの差に最も近い値。

注記 1 各サブゲージは、該当する等級に対してあらかじめ規定したサブゲージ間隔の整数倍である（表 3 及び附属書 B 参照）。

注記 2 サブゲージは、その呼び直径とゲージとを組み合わせ、製造業者がロットの平均直径を表示するために用いるものである。

4 要求事項

4.1 呼び及び寸法

呼び及び寸法は、表 1 による。

4.2 形状及び表面の品質

形状及び表面の品質は、次による。

- 直径不同、真球度及び表面粗さは、表 2 による。
- ウェビネスの許容限界値及び測定方法は、受渡当事者間の協議による。
- 表面の外観特性、表面きずその他同類のものは、受渡当事者間の協議による。

4.3 等級及びゲージ

ロットの直径の相互差、ゲージ間隔、推奨ゲージ、サブゲージ間隔及びサブゲージは、表 3 による。

5 材料

材料の基本特性、硬さ、曲げ強さ、破壊じん性値などは、JIS R 1669 による。

6 測定方法

6.1 平均直径及び直径不同

平均直径及び直径不同を求めるために必要な直径は、窒化けい素球 1 個を測定平面とこれに垂直な測定子との間に置き、通常 10 回以上方向を変えて測定する。

平均直径は、その最大値と最小値の算術平均値として求め、直径不同は、その最大値と最小値との差と

して求める。

この場合の測定力は、3 N 以下とする。呼び 0.3 mm～3.0 mm の窒化けい素球については、より小さな測定力が望ましい。

注記 平均直径は、通常測定力及び窒化けい素球の質量による弾性接近量を補正する。補正方法は、**附属書 C** を参照。

6.2 真球度

真球度の評価方法は、**附属書 A** による。

6.3 ウェビネス

ウェビネスは、速度振幅として評価し、フィルタを用いたウェビネスメータで測定することを推奨する。

6.4 表面粗さ

窒化けい素球の表面粗さの測定は Ra で評価し、**JIS B 0651** に規定する測定機を用い、評価方式及び手順は、**JIS B 0633** による。

6.5 ロットの直径の相互差及びゲージ

ロットの直径の相互差は、ロット内の最大窒化けい素球の平均直径と最小窒化けい素球の平均直径との差として求める。

ゲージは、ロットの平均直径の寸法差が、**表 3** に規定する推奨ゲージのうち最も近い値として求める。

7 検査

窒化けい素球の検査は、**6.1～6.5** について行い、**箇条 4** を満足しなければならない。

8 呼び方

窒化けい素球の呼び方は、名称、呼び、ゲージ及び等級で表す。

例 1 軸受用窒化けい素球 3 mm +3 μm G 10

例 2 転がり軸受用窒化けい素球 3/8 -4 μm G 40

9 包装及び表示

9.1 包装

窒化けい素球は、適切な容器に収める。

9.2 表示

容器の表面に少なくとも次の事項を表示する。表示様式は、受渡当事者間の協議による。

- 名称
- 材料
- 呼び
- ゲージ
- 等級
- 数量
- 製造業者名又はその略号
- 製造年月又はその略号

表 1—呼び及び寸法

呼び	呼び直径 D_w mm	呼び	呼び直径 D_w mm	呼び	呼び直径 D_w mm
0.3 mm	0.3	21/64	8.334 38	29/32	23.018 75
1/64	0.396 88	8.5 mm	8.5	15/16	23.812 5
0.4 mm	0.4	11/32	8.731 25	24 mm	24
0.5 mm	0.5	9 mm	9	31/32	24.606 25
0.02	0.508	23/64	9.128 12	25 mm	25
0.6 mm	0.6	9.5 mm	9.5	1	25.4
0.025	0.635	3/8	9.525	26 mm	26
0.68 mm	0.68	25/64	9.921 88	1 1/32	26.193 75
0.7 mm	0.7	10 mm	10	1 1/16	26.987 5
1/32	0.793 75	13/32	10.318 75	28 mm	28
0.8 mm	0.8	10.5 mm	10.5	1 1/8	28.575
1 mm	1	11 mm	11	30 mm	30
3/64	1.190 62	7/16	11.112 5	1 3/16	30.162 5
1.2 mm	1.2	11.5 mm	11.5	1 1/4	31.75
1.5 mm	1.5	29/64	11.509 38	32 mm	32
1/16	1.587 5	15/32	11.906 25	33 mm	33
5/64	1.984 38	12 mm	12	1 5/16	33.337 5
2 mm	2	31/64	12.303 12	34 mm	34
3/32	2.381 25	12.5 mm	12.5	1 3/8	34.925
2.5 mm	2.5	1/2	12.7	35 mm	35
7/64	2.778 12	13 mm	13	36 mm	36
3 mm	3	17/32	13.493 75	1 7/16	36.512 5
1/8	3.175	14 mm	14	38 mm	38
3.5 mm	3.5	9/16	14.287 5	1 1/2	38.1
9/64	3.571 88	15 mm	15	1 9/16	39.687 5
5/32	3.968 75	19/32	15.081 25	40 mm	40
4 mm	4	5/8	15.875	1 5/8	41.275
11/64	4.365 62	16 mm	16	1 11/16	42.862 5
4.5 mm	4.5	21/32	16.668 75	1 3/4	44.45
3/16	4.762 5	17 mm	17	45 mm	45
5 mm	5	11/16	17.462 5	1 13/16	46.037 5
13/64	5.159 38	18 mm	18	1 7/8	47.625
5.5 mm	5.5	23/32	18.256 25	1 15/16	49.212 5
7/32	5.556 25	19 mm	19	50 mm	50
15/64	5.953 12	3/4	19.05	2	50.8
6 mm	6	25/32	19.843 75	2 1/8	53.975
1/4	6.35	20 mm	20	55 mm	55
6.5 mm	6.5	20.5 mm	20.5	2 1/4	57.15
17/64	6.746 88	13/16	20.637 5		
7 mm	7	21 mm	21		
9/32	7.143 75	27/32	21.431 25		
7.5 mm	7.5	22 mm	22		
19/64	7.540 62	7/8	22.225		
5/16	7.937 5	22.5 mm	22.5		
8 mm	8	23 mm	23		

注記 呼び直径の表記方法は、JIS B 1501 に準じたものである。

表 2—直径不同，真球度及び表面粗さの許容限界値

単位 μm

等級	直径不同	真球度	表面粗さ
	V_{Dws} 最大	最大	Ra 最大
G 3	0.08	0.08	0.010
G 5	0.13	0.13	0.014
G 10	0.25	0.25	0.020
G 16	0.4	0.4	0.025
G 20	0.5	0.5	0.032
G 24	0.6	0.6	0.040
G 28	0.7	0.7	0.050
G 40	1	1	0.060
G 60	1.5	1.5	0.080

注記 この表に示す値は，表面きずを考慮していないので，表面きずを除外して測定する。

表 3—等級及びゲージ

単位 μm

等級	ロットの直径 の相互差 V_{DwL}	ゲージ 間隔	推奨ゲージ	サブゲージ 間隔	サブゲージ
	最大				
G 3	0.13	0.5	−5,.....−0.5, 0, +0.5,...+5	0.1	−0.2, −0.1, 0, +0.1, +0.2
G 5	0.25	1	−5,.....−1, 0, +1,.....+5	0.2	−0.4, −0.2, 0, +0.2, +0.4
G 10	0.5	1	−9,.....−1, 0, +1,.....+9	0.2	−0.4, −0.2, 0, +0.2, +0.4
G 16	0.8	2	−10,.....−2, 0, +2,.....+10	0.4	−0.8, −0.4, 0, +0.4, +0.8
G 20	1	2	−10,.....−2, 0, +2,.....+10	0.4	−0.8, −0.4, 0, +0.4, +0.8
G 24	1.2	2	−12,.....−2, 0, +2,.....+12	0.4	−0.8, −0.4, 0, +0.4, +0.8
G 28	1.4	2	−12,.....−2, 0, +2,.....+12	0.4	−0.8, −0.4, 0, +0.4, +0.8
G 40	2	4	−16,.....−4, 0, +4,.....+16	0.8	−1.6, −0.8, 0, +0.8, +1.6
G 60	3	6	−18,.....−6, 0, +6,.....+18	1.2	−2.4, −1.2, 0, +1.2, +2.4

注記 ゲージ間隔の値は，受渡当事者間の協議によって小さくしてもよい。

附属書 A

(規定)

真球度の評価方法

A.1 適用範囲

この附属書は、窒化けい素球の真球度の評価方法について規定する。真球度の評価は、次の半径法測定による。また、真球度の簡易評価方法として直径法測定を参考に示す。

A.2 半径法測定

真球度の測定は、互いに 90° の 3 赤道平面における真円度測定によって行う。一つの実測赤道平面における真円度評価は、最小二乗中心によって行う。各実測赤道平面における半径差の最大値を真球度とする。

また、真円度評価に最小外接円を使用し、最小外接円から窒化けい素球表面までの半径方向の距離の最大値を真球度としてもよい。疑義が生じた場合は、最小二乗中心法とする。

真円度の評価方法の詳細な内容については、JIS B 7451 を参照。

注記 直径法測定(参考) 真球度の簡易評価方法として、窒化けい素球 1 個を角度 90° の V 溝とこれに垂直な測定子との間に置き、方向を変えて測定したときの測定子の動きの最大の値を 2 で除した値を真球度とする。この場合の測定力は、3 N 以下とする。

呼び 0.3 mm～3.0 mm の窒化けい素球については、より小さな測定力が望ましい。

附属書 B (規定) ゲージ及び区分けの説明図

序文

この附属書は、ゲージ及び区分けについて規定する。

B.1 ゲージ及びサブゲージ

等級 G5 のゲージ及びサブゲージの例を図 B.1 に示す。

単位 μm

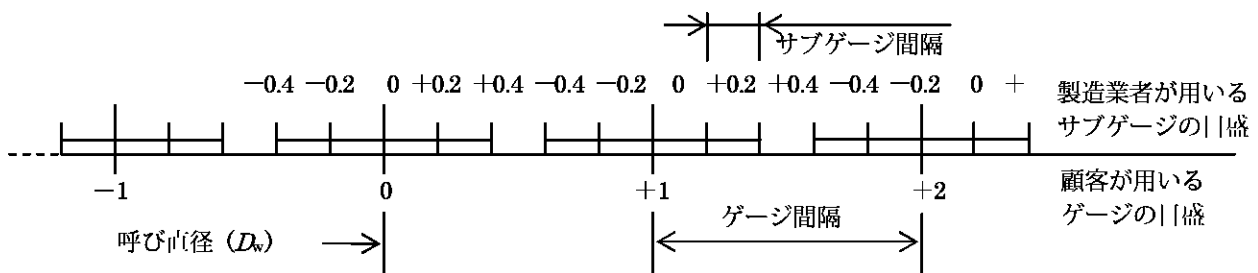


図 B.1

B.2 ロットとゲージとの関係

ロットとゲージとの関係を図 B.2 に示す。

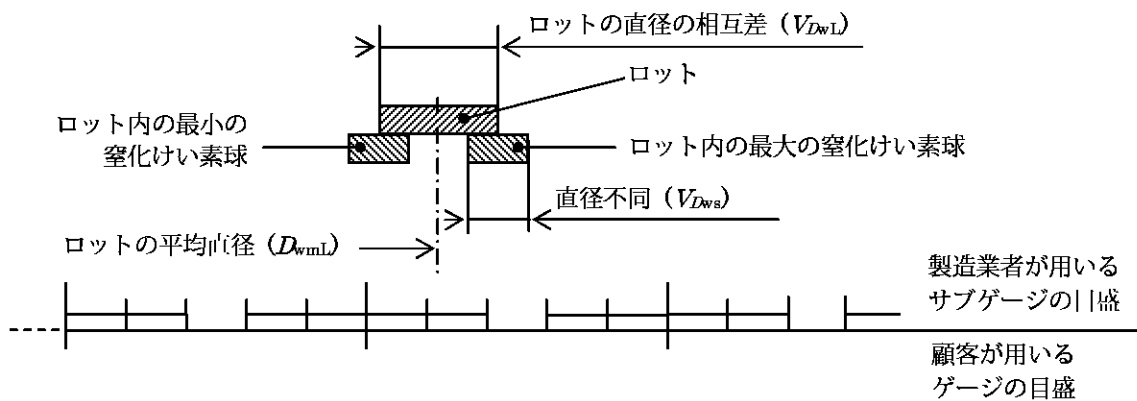


図 B.2

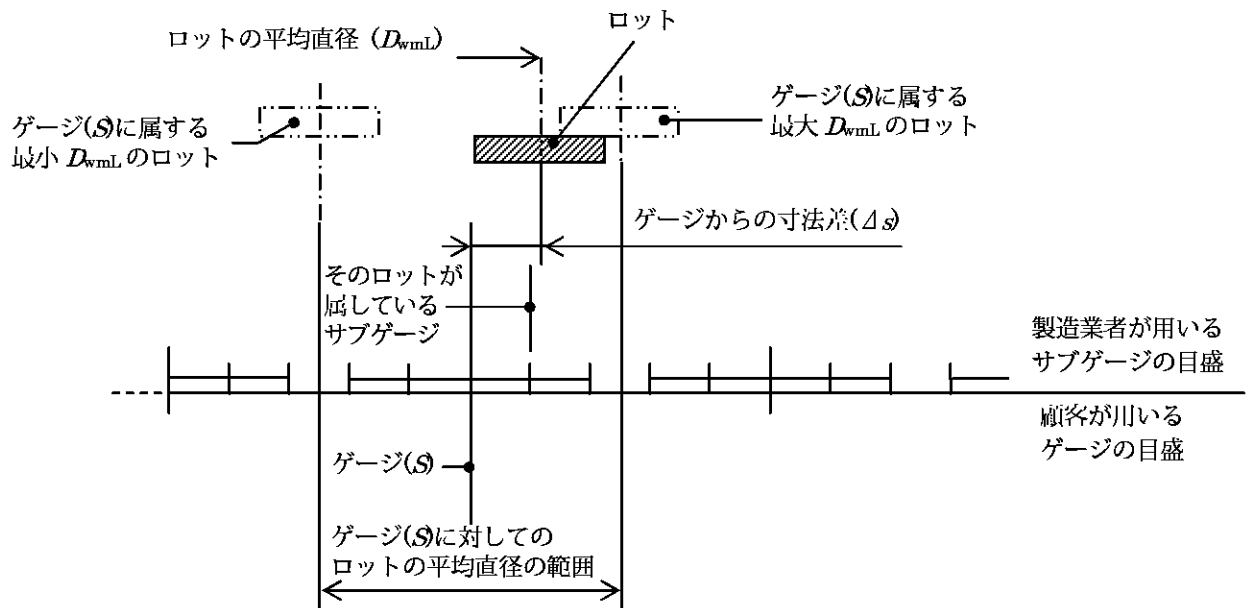


図 B.2 (続き)

附属書 C

(参考)

測定力及び窒化けい素球の質量による弾性接近量の補正

序文

測定力を加えて窒化けい素球の直径を測定する場合は、測定力及び窒化けい素球の質量による弾性変形が生じる。この附属書は、弾性接近量の補正方法について記載するものであって規定の一部ではない。

C.1 実測直径

実測直径は、式(C.1)によって求められる。

$$D_{ws} = D_{wx} + H_s \text{(C.1)}$$

ここに、
 D_{ws} : 実測直径
 D_{wx} : 測定によって得られた値¹⁾
 H_s : 弾性接近による補正量
 注¹⁾ 測定力及び窒化けい素球の質量による弾性変形を含む。

C.2 補正量の計算

窒化けい素球の直径を測定する場合は、窒化けい素球を球端面測定子と測定平面との間に挟んで、ブロックゲージと比較測定する。

a) **補正量** 弾性接近による補正量は、式(C.2)で表される。

$$H_s = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 - \varepsilon_3 \text{(C.2)}$$

ここに、
 ε_1 : 窒化けい素球と測定子との接触点における測定力による弾性接近量
 ε_2 : 窒化けい素球と測定平面との接触点における測定力及び窒化けい素球の質量による弾性接近量
 ε_3 : ブロックゲージと測定子との接触点における測定力による弾性接近量

b) **弾性接近量** 測定子と窒化けい素球 (ε_1)、窒化けい素球と測定平面 (ε_2) 及び測定子とブロックゲージ (ε_3) との接触点における弾性変位量の計算式を、表 C.1 に示す。

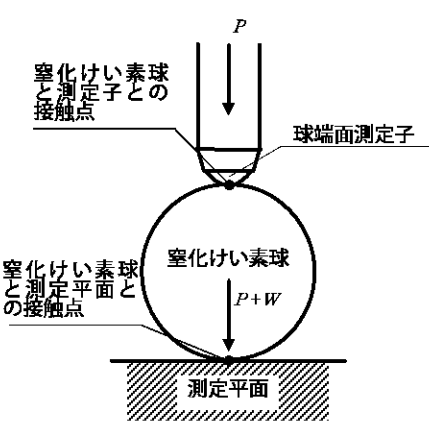
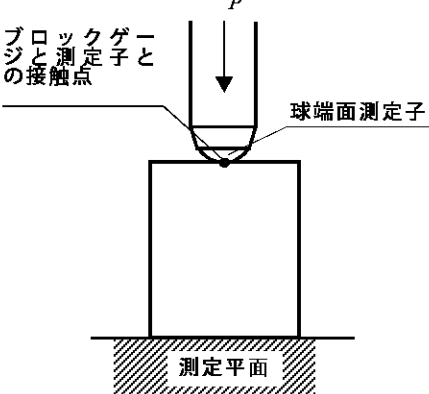
ここに、

P : 測定力	(N)	ν_1 : 測定子のポアソン比
W : 窒化けい素球の質量	(kg)	ν_2 : 窒化けい素球のポアソン比
r : 測定子球端面の曲率半径	(mm)	ν_3 : 測定平面のポアソン比
D_w : 窒化けい素球の呼び直径	(mm)	ν_4 : ブロックゲージのポアソン比
E_1 : 測定子の縦弾性係数	(GPa)	Θ_1 : 測定子の弾性定数 (GPa ⁻¹)
E_2 : 窒化けい素球の縦弾性係数	(GPa)	Θ_2 : 窒化けい素球の弾性定数 (GPa ⁻¹)
E_3 : 測定平面の縦弾性係数	(GPa)	Θ_3 : 測定平面の弾性定数 (GPa ⁻¹)
E_4 : ブロックゲージの縦弾性係数	(GPa)	Θ_4 : ブロックゲージの弾性定数 (GPa ⁻¹)

なお、弾性定数は式(C.3)によって求める。

$$\Theta_i = 4 \frac{(1 - \nu_i^2)}{E_i} \dots\dots\dots (C.3)$$

表 C.1—弾性接近量の計算式

測定の図例	接触の条件別の計算式	
	窒化けい素球と測定子との接触点における測定力による弾性接近量 ϵ_1 (μm)	$\epsilon_1 = 3.28 \sqrt[3]{P^2 (\Theta_1 + \Theta_2)^2 \left(\frac{1}{r} + \frac{2}{D_w} \right)} \dots\dots (C.4)$
	窒化けい素球と測定平面との接触点における測定力及び窒化けい素球の質量による弾性接近量 ϵ_2 (μm)	$\epsilon_2 = 4.13 \sqrt[3]{\frac{(P + 9.8W)^2}{D_w} (\Theta_2 + \Theta_3)^2} \dots\dots (C.5)$
	ブロックゲージと測定子との接触点における測定力による弾性接近量 ϵ_3 (μm)	$\epsilon_3 = 3.28 \sqrt[3]{\frac{P^2}{r} (\Theta_1 + \Theta_4)^2} \dots\dots\dots (C.6)$

c) 計算例 測定力及び窒化けい素球の質量による弾性接近量の補正の計算例を、次に示す。

呼び 10 mm の窒化けい素球を、超硬合金製測定子球端面と超硬合金製測定平面との間に挟んで、ブロックゲージと比較した場合の直径の実測値が 9.998 50 mm であったとする。ただし、この場合の測定力 (P) は 0.39 N、窒化けい素球の質量 (W) は 0.001 686 kg、測定子球端面の曲率半径 (r) は 1.587 5 mm とする。

$$P=0.39 \text{ N}, r=1.587 5 \text{ mm}, D_w=10 \text{ mm}, W=0.001 686 \text{ kg}$$

また、超硬合金製測定子のポアソン比 (ν_1) は 0.21、窒化けい素球のポアソン比 (ν_2) は 0.28、超硬合金製測定平面のポアソン比 (ν_3) は 0.21、ブロックゲージのポアソン比 (ν_4) は 0.30 とする。

さらに、超硬合金製測定子の縦弾性係数 (E_1) は 550 GPa、窒化けい素球の縦弾性係数 (E_2) は 320 GPa、超硬合金製測定平面の縦弾性係数 (E_3) は 550 GPa、ブロックゲージの縦弾性係数 (E_4) は 210 GPa とする。

$$\nu_1=0.21, \nu_2=0.28, \nu_3=0.21, \nu_4=0.30, E_1=550 \text{ GPa}, E_2=320 \text{ GPa}, E_3=550 \text{ GPa}, E_4=210 \text{ GPa}$$

ここで、式(C.3)から超硬合金製測定子の弾性定数 (Θ_1)、窒化けい素球の弾性定数 (Θ_2)、超硬合金製測定平面の弾性定数 (Θ_3)、ブロックゲージの弾性定数 (Θ_4) を求めると、次のとおりとなる。

$$\Theta_1 = 0.006\,952\,\text{GPa}^{-1}, \quad \Theta_2 = 0.011\,520\,\text{GPa}^{-1}, \quad \Theta_3 = 0.006\,952\,\text{GPa}^{-1}, \quad \Theta_4 = 0.017\,333\,\text{GPa}^{-1}$$

まず、窒化けい素球と超硬合金製測定子球端面との弾性接近量 ε_1 を式(C.4)から求める。

$$\varepsilon_1 = 3.28 \sqrt[3]{(0.39)^2 \left(\frac{1}{1.5875} + \frac{2}{10} \right) (0.006\,952 + 0.011\,520)^2} = 0.115\,\mu\text{m}$$

次に、窒化けい素球と超硬合金製測定平面との弾性接近量 ε_2 を式(C.5)から求める。

$$\varepsilon_2 = 4.13 \sqrt[3]{\frac{(0.39 + 9.8 \times 0.001\,686)^2}{10} (0.011\,520 + 0.006\,952)^2} = 0.074\,\mu\text{m}$$

ブロックゲージと超硬合金製測定子球端面との弾性接近量 ε_3 を式(C.6)から求める。

$$\varepsilon_3 = 3.28 \sqrt[3]{\frac{(0.39)^2}{1.5875} (0.006\,952 + 0.017\,333)^2} = 0.126\,\mu\text{m}$$

弾性接近による補正量は、式(C.2)から $H_s = 0.115 + 0.074 - 0.126 = 0.063\,\mu\text{m}$ となる。

したがって、窒化けい素球の実測直径は、式(C.1)から $D_{ws} = 9.998\,50 + 0.000\,063 = 9.998\,563\,\text{mm}$ となる。また、例として次の測定条件での窒化けい素球の呼び直径 (D_w) と弾性接近による補正量 (H_s) との関係を図 C.1 に示す。

$$P = 0.39\,\text{N}, \quad r = 1.587\,5\,\text{mm}, \quad D_w = 10\,\text{mm}, \quad W = 0.001\,686\,\text{kg}$$

$$\nu_1 = 0.21, \quad \nu_2 = 0.28, \quad \nu_3 = 0.21, \quad \nu_4 = 0.30, \quad E_1 = 550\,\text{GPa}, \quad E_2 = 320\,\text{GPa}, \quad E_3 = 550\,\text{GPa}, \quad E_4 = 210\,\text{GPa}$$

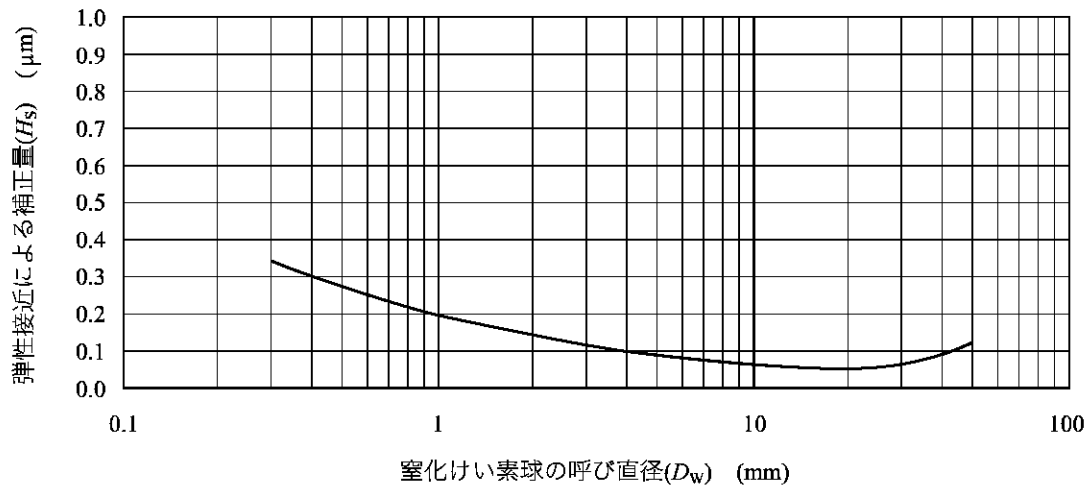


図 C.1—窒化けい素球の呼び直径 (D_w) と弾性接近による補正量 (H_s) の例