

高速炉用被覆管等の試作試験 発注仕様書

令和6年11月

日本原子力研究開発機構

大洗原子力工学研究所

戦略推進部 酸化物燃料サイクル Gr

1. 一般仕様

1.1 件名

高速炉用被覆管等の試作試験

1.2 概要

日本原子力研究開発機構（以下「機構」と言う）では、放射性廃棄物減容・有害度低減に有効な高速炉に必要な炉心構成要素の開発を進めている。本件は、サプライチェーンを再構築することを目的として、被覆管材質としてSUS316相当ステンレス(PNC316)を用いた高速炉用被覆管とPNC316丸鋼の試作試験を実施するものである。

1.3 契約範囲

- | | |
|--------------------------|----|
| (1) 高速炉用被覆管の試作試験 | 一式 |
| (2) PNC316丸鋼の試作試験 | 一式 |
| (3) 試作被覆管の試験・検査 | 一式 |
| (4) PNC316丸鋼の試験・検査 | 一式 |
| (5) 試験報告書(試験検査成績書を含む)の作成 | 一式 |

1.4 納期

令和8年3月20日(金)

1.5 納入場所

- (1) 高速炉用被覆管の試作材

茨城県那珂郡東海村村松4-33

日本原子力研究開発機構 核燃料サイクル工学研究所
第1検査技術開発室

- (2) PNC316丸鋼の試作材

原子力機構の指定場所 (受注者の工場内等)

- (3) 試験報告書

茨城県東茨城郡大洗町成田町4002番地

日本原子力研究開発機構 大洗原子力工学研究所

戦略推進部 酸化物燃料サイクルGr (照射燃料試験施設建家(AGF)内)

1.6 支給品

SUS316相当ステンレス鋼(PNC316)丸鋼 一式

1.7 貸与品

特になし

1.8 提出図書

受注者は、次の図書を提出期限前までに遅延なく提出すること。

図書名	提出時期	部数	確認
(1) 工程表	契約後速やかに	2部	要
(2) 試験計画書*	試験(試作を含む)開始前	2部	要
(3) 試験報告書	納入(検収)時	2部	要
(4) 試験報告書の電子情報	納入(検収)時	1式	不要
(5) 打合せ議事録	実施後14日	1部	要
(6) 委任又は下請負届** (機構指定様式)	作業開始2週間前まで	1式	要
(7) その他	必要に応じて	1式	要

*) 主要製造・検査設備、試作工程などを記載し、品質保証計画のもとに試作し、試作品の品質を管理する必要がある。また、試作管等が仕様を満足していることを確認するための詳細な試験(試作を含む)要領が記載してあること。

**) 下請け等がある場合に提出のこと。無い場合は、提出不要。

[提出場所]

日本原子力研究開発機構 大洗原子力工学研究所
戦略推進部 酸化物燃料サイクル Gr (照射燃料試験施設建家(AGF)内)

1.9 納入物件

試作を通じて加工された以下の被覆管を1.5項に示した納入場所に納入すること。

(被覆管)

- ✓ 被覆管A : 100本 (目標)
- ✓ 被覆管B : 100本 (目標)

(PNC316丸鋼の試作材)

- ✓ 1本以上 [目標外径 : 205mm, 目標重量 : 約 1800kg]
- ✓ 1本以上 [目標外径 : 155mm, 目標重量 : 約 600kg]

1.10 検収条件

第1.3項に示す契約範囲の作業が終了し、第1.8項及び1.9項にそれぞれ示す提出図書及び納入物件の完納をもって検収を受けるものとする。

1.11 梱包及び輸送

納入場所までの輸送及び輸送中の製作物品損傷防止のための梱包等は、全て本契約に含まれるものとする。また、機構が支給するPNC316丸鋼の輸送についても本契約に含まれるものとする。

試作管は1本毎にポリエチレン製の袋に入れて密封し、製品に損傷を与えないよう充分配慮すること。輸送用の箱は製品を含め最大重量は50kg以下になるよう分別すること。また、輸送用箱には次の事項を表示すること。

- (1) 名称
- (2) ロット No. 及び管 No.

- (3) 本数
- (4) 注文番号及び作業番号
- (5) 輸送物重量

1.12 検査員及び監督員

(検査員)

一般検査 管財担当課長

(監督員)

戦略推進部 酸化物燃料サイクルGr グループリーダー、グループ員

1.13 協議

本仕様書の記載事項及び本仕様書に記載されていない事項について、疑義が生じた場合は、原子力機構担当者と協議すること。また、その結果については、請負側において議事録を作成し、原子力側と請負側の双方で内容を確認すること。

1.14 グリーン購入法の推進

- (1) 本契約において、グリーン購入法（国等による環境物品等の調達に関する法律）に適用する環境物品（事務用品、OA機器等）が発生する場合は、これを採用するものとする。
- (2) 本仕様に定める提出図書（納入印刷物）については、グリーン購入法の基本方針に定める「紙類」の基準を満たしたものであること。

2. 技術仕様

2.1 高速炉用被覆管の試作試験について

PNC316は、中性子照射環境で使用されることから、スエリング(体積膨張)を抑制するため、最終冷間加工が重要な材料となる。そのため、冷間加工度の目標は $20\%(+\alpha)$ として試作し、材料規格である $20\pm 3\%$ に入るように試作を行うこと。

2.1.1 試験用被覆管仕様

(1) 材質

- ✓ SUS316 相当ステンレス鋼(PNC316)

(2) 目標試作試験員数

- ✓ 被覆管 A : 100 本
- ✓ 被覆管 B : 100 本

(被覆管 A の目標寸法)

- ✓ 外径 : 18.90 ± 0.050 mm
- ✓ 内径 : $17.90\text{mm}\pm 0.050$ mm
- ✓ 肉厚 : $0.50\text{mm}\pm 0.050$ mm
- ✓ 全長 : 1,000 +5、-0 mm
- ✓ 真直度 : ≤ 0.25 mm/全長 (目標)

(被覆管 B の目標寸法)

- ✓ 外径 : 8.5 ± 0.04 mm
- ✓ 内径 : $7.5\text{mm}\pm 0.04$ mm or 7.34 ± 0.04 mm
- ✓ 肉厚 : 0.5mm (0.47 以上) or 0.58mm (0.55 以上)
- ✓ 全長 : $1,500\pm 1.0$ mm
- ✓ 真直度 : ≤ 0.25 mm/全長 (目標)

内径、肉厚については、別途、指示を行う。

(3) 試作仕様

- ✓ 熱処理について

熱処理は、高純度水素を用いる光輝焼鈍処理によって行う。また、各素材ロットの最終冷間加工前に溶体化処理を実施すること。最終溶体化処理温度は、 1050°C 以上とし、温度と時間を報告すること。また、中間熱処理の温度と時間も報告すること。

- ✓ 最終冷間加工度について

最終冷間加工では、 $20\pm 3\%$ (目標 20%)の冷間加工を施す。冷間加工度(Cold work)は次式の長さにより算出すること。各素材ロット 5 試料の最終冷間加工度を小数点 1 位まで報告すること。

$$\text{冷間加工度} = \frac{L_1 - L_0}{L_1} \times 100 (\%)$$

L_0 : 冷間加工前長さ, L_1 : 冷間加工後の長さ

- ✓ 最終仕上げについて

最終冷間加工による冷間引抜仕上げまたは最終冷間加工後の機械的研磨仕上げとする。但し、化学的表面研磨は行わないこと。機械加工仕上げの場合は、冷間加工度に影響を与えないこととする。機械加工仕上げの場合は、研磨方法、研磨量については、報告書に記載することとする。

- ✓ 洗浄について

最終試作品の洗浄については、アルコールを使用すること。

✓ 素材ロットの定義について

素材ロットとは、同一インゴットより製造された後、同一チャンスにて熱処理を施され同一の冷間加工度で最終被覆管に仕上げられたものをいう。

2.2 試作管に関する試験について

受注者は試験計画書を提出し、原子力機構の確認を得た後に実施すること。実施する試験項目と規格等を以下に示す。

2.2.1 破壊試験

(1) 化学成分試験

試作した被覆管 A, B について、成分分析試験を実施すること。なお、分析用試料は、素材ロット毎に 2 試料とし、試作管 1 本から 1 試料採取すること。分析する元素と規格範囲等を表 1 に示す。試験方法は日本産業規格(JIS)等に準拠し実施すること。

報告：数値、標準試料分析時の記録

(2) ビッカース硬さ試験

同一素材ロットの異なる管の 2 試料について、JIS Z2244-1(2020)に準じて、ビッカース硬さ試験を実施すること。

目標硬さ：330Hv 以下

測定点数：7 点(図 1 参照)測定し、その平均も求める。

試験数量：素材ロット毎 2 試料

報告：数値(硬さ値とその平均値)

(3) 結晶粒度試験

同一素材ロットの異なる管より 2 試料をサンプリングし、JIS G0551(2022) に準じて試験を行う。管の横・縦断面について倍率 100 倍で観察し、結晶粒度と代表写真を報告すること。なお、比較法を使用する際は、ASTM E112 のプレート I 及び IV に掲載されている結晶粒度標準図を使用すること。

目標結晶粒度：ASTM No.6~9 (周方向(横)断面については参考値)

試験数量：素材ロット毎 2 試料

報告：数値、写真(400 倍で撮影)

(4) 非金属介在物試験

同一素材ロットの管より 1 試料をサンプリングし、軸方向断面について JIS G0555(2023) に準じて、非金属介在物の測定を実施すること。非金属介在物の種類は、A(硫化物系)、B(アルミナ系)、C(珪ケート系)の三種類とする。倍率は 100 倍で実施のこと。

試験数量：素材ロット毎 1 試料

報告：数値、写真(100 倍で撮影)

(5) 炭化物金相試験

同一素材ロットの異なる管より 1 試料をサンプリングし、JIS G0571(ステンレス鋼のしゅう酸エッチング試験方法)に準じて試験を行う。管の周方向断面について倍率 400 倍にて結晶粒界の状態を観察し、段状組織であるかについて代表写真により報告する。代表写真に、段状組織、混合組織、溝状組織、遊離フェライト組織の何れであるかを報告する。

試験数量：素材ロット毎 1 試料

試験片：管の10mm以上の長さ

報告：組織名、写真(400倍で撮影)

(6) 引張試験

同一素材ロットの異なる管より 4 試料をサンプリングし、管の軸方向について、JIS Z2241(2022)及び G0567(2020)に準じて、室温及び高温(650℃)の引張試験を行う。JIS に準拠しない場合は代替方法で試験を行うことを許容し、その方法を報告するものとする。引張速度の目標は、0.2%耐力まで 0.3 %/min、耐力取得後は 7.5%/min とする。また、破断位置については A, B, C を報告すること。PNC316 の引張特性の規格を以下に示す。

試験温度	0.2%耐力	引張強さ	破断伸び
室温	627 MPa以上	698 MPa以上	10 %以上
650℃	389 MPa以上	463 MPa以上	7 %以上

試験数量：素材ロット毎 2 試料

目標基準：PNC316 の引張特性を満足し、破断位置が標点間内(A, B)であること。

報告：数値(0.2%耐力, 引張強さ、破断伸び)、破断位置、応力-歪線図(*1)、温度チャート(*1)

*1：応力-歪線図と温度チャートは取得可能な範囲までの報告とすることを許容する。

2.2.2 非破壊試験

(1) 寸法測定

寸法測定方法は以下の(1)~(4)の通りとし、目標値に対する合否を報告すること。個別の数値は求めないこととする。ただし、目標値を外れた管については識別を行うこととする。なお、(5)に示す真直度測定は、目視確認のみとし合否報告は求めないこととする。

(1) 外径測定

⇒マイクロメータを用いて、両管端部の直角 2 方向を測定し平均外径を算出する。

被覆管 A の外径：18.9±0.05 mm

被覆管 B の外径：8.5±0.04 mm

(2) 肉厚測定

⇒マイクロメータを用いて、両管端部の直角 2 方向を測定し平均肉厚を算出する。

被覆管 A の肉厚：0.5±0.05 mm

被覆管 B の肉厚：0.5 mm (0.47mm 以上であること) or 0.58 mm (0.55mm 以上であること)

(3) 内径

⇒(1)で算出した平均外径から(2)で算出した平均肉厚の 2 倍を引いた値とする。

(4) 長さ測定

⇒JIS 1 級の巻尺等の測定器を用いて測定する。

(5) 真直度確認

⇒目視での確認とし、スキマゲージによる測定は実施しない。報告は実施の有無のみ。

(2) 外観確認

試作した被覆管全数について、目視による外観検査を実施する。なお、必要に応じ拡大鏡、照明を使用する。

目標基準

✓ 内外表面に油、酸化物の有害な付着物がないこと。

- ✓ 目視で認められる割れがないこと。
- ✓ 表面あさは、比較用表面あさ試験片(JIS B 0659-1)と比較して、被覆管Aでは1.6a以下、被覆管Bでは0.8a以下であること。
- ✓ 両端部はバリ、ひっかかりがないこと。
- ✓ 外表面に有害な穴や傷がないこと。

報告：合否→目標基準を外れた管については識別を行うこととする。

2.3 SUS316 相当ステンレス鋼(PNC316)丸鋼の試作試験

2.3.1 PNC316 の素材製作

PNC316 の素材は、真空二重溶解(VIM-VAR)により製造し、溶解時に希土類元素を添加してはならない。PNC316 の規格と目標値を表 1 に示す。

2.3.2 PNC316 丸鋼丸鋼の製作

PNC316 素材について、ソーキングを行い、熱間鍛造後、丸鋼加工を行うこと。丸鋼の目標サイズ、員数は以下の 2 種類とする。ソーキング温度と時間については、報告書に記載すること。

目標寸法・重量と員数

- (1) 員数：1 本以上、[目標外径：205mm, 目標重量：約 1800kg]
- (2) 員数：1 本以上、[目標外径：155mm, 目標重量：約 600kg]

2.3.3 PNC316 丸鋼の試験について

2.3.3.1 化学成分試験

VAR では、溶鋼から分析用試料を採取できないことから、鋼塊(インゴット)から採取した分析用試料によって溶鋼分析を行うこととする。なお、分析用試料は、インゴットの上部和下部からそれぞれ 1 試料ずつ採取することとし、表 1 の成分規格値(範囲)を満足することとする。

2.3.3.2 寸法測定

入荷した丸鋼の外径及び長さを測定し、報告すること。また、重量については入荷重量を報告することとする。

2.3.3.3 マクロ組織観察

丸鋼のマクロ組織写真を撮影し、報告書に添付すること。ただし、真空二重溶解の同一ヒートで同一外径の場合は省略できるとする。

2.3.3.4 結晶粒度

JIS G0551(鋼—結晶粒度の顕微鏡試験方法)に準じて試験を行う。結晶粒度と代表写真を報告すること。ただし、真空二重溶解の同一ヒートで同一外径の場合は省略できるとする。

2.3.3.5 非金属介在物測定

ASTM E45 A 法に準じて、試験を行う。数値を報告すること。ただし、真空二重溶解の同一ヒートで同一外径の場合は省略できるとする。

2.3.3.6 フェライト量測定

フェライト量を測定し、数値を報告すること。ただし、真空二重溶解の同一ヒートで同一外径の場合は省略できるとする。

2.4 試験・検査報告書

2.2 項及び 2.4 項の試験結果をそれぞれ試験検査成績書として報告すること。なお、被覆管と PNC316 丸鋼の報告書は別冊にすること。

2.5 その他

必要に応じて試作試験工程、試験検査工程にも立ち会うことができるものとする。

表 1. PNC316 の化学組成範囲と目標成分

成分	範囲 (wt%)	目標 (wt%)
C	0.040 ~ 0.080	0.060
Si	0.60 ~ 1.00	0.80
Mn	1.40 ~ 2.00	1.75
P	0.015 ~ 0.040	0.030
S	≤ 0.010	—
Ni	13.00 ~ 14.00	上限
Cr	16.00 ~ 18.00	下限
Mo	2.00 ~ 3.00	2.50
B	0.0020 ~ 0.0060	0.0040
N	≤ 0.010	—
Ti	0.06 ~ 0.10	上限
Nb	0.06 ~ 0.10	上限
V	≤ 0.20	—
Co	≤ 0.02	—
Cu	≤ 0.20	—
Ta	≤ 0.05	—
As	≤ 0.030	低目
Al	≤ 0.050	—
Zr	≤ 0.10	—
O	≤ 0.0040	—

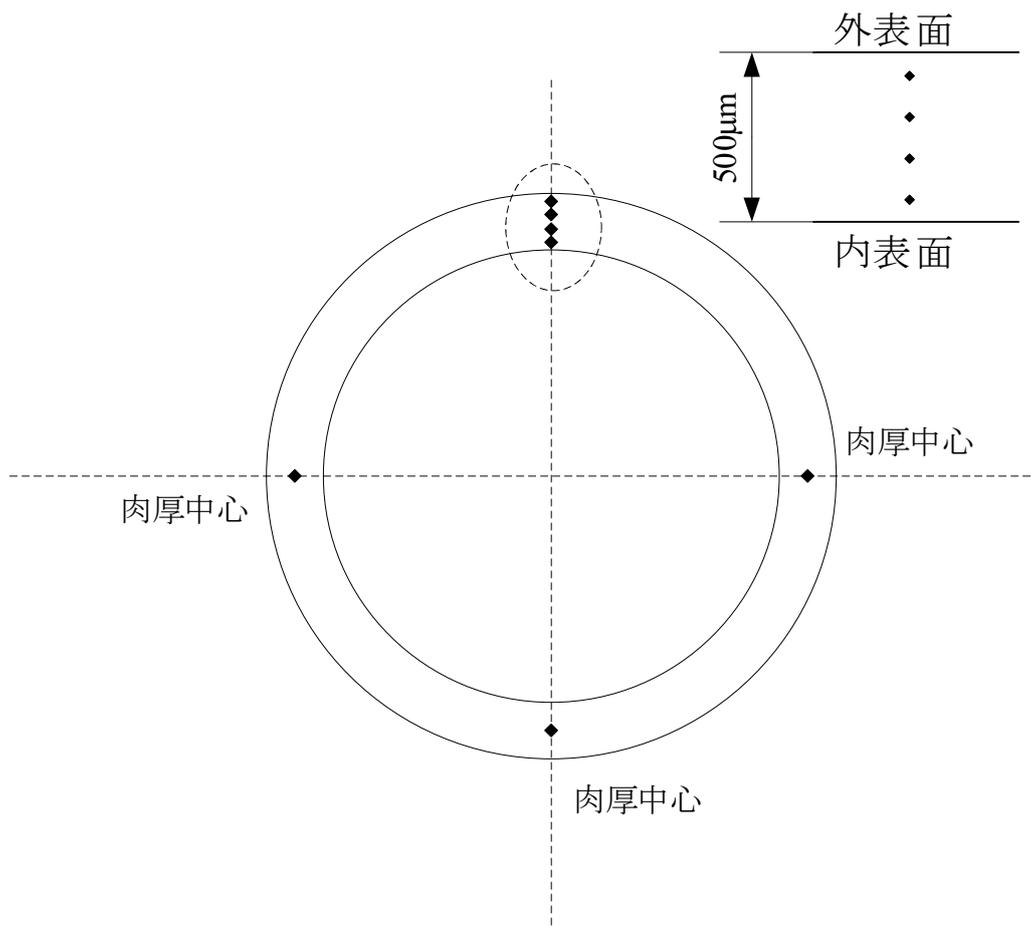


図 1. 被覆管の硬さ測定位置の模式図