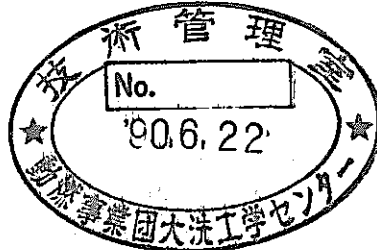


高速炉炉心構成要素用改良オーステナイト鋼 (PNC1520)

材料強度基準案(暫定値)

資料編〔1〕

—引張およびクリープ特性—



区分変更	
変更後資料番号	PNC TN9450 90-002
決裁年月日	平成 13 年 7 月 31 日

1990年3月

技術資料コード	
開示区分	レポートNo.
	I9450 90-001
この資料は 図書室保存資料です 閲覧には技術資料閲覧票が必要です	
動力炉・核燃料開発事業団大洗工学センター技術管理室	

動力炉・核燃料開発事業団
大洗工学センター

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)



高速炉炉心構成要素用改良オーステナイト鋼 (PNC1520)

材料強度基準案(暫定値)

資料編〔1〕

—引張およびクリープ特性—

加納洋一*， 小山真一*， 柴原 格*

要 旨

高速炉用炉心構成要素用の改良オーステナイト鋼（PNC1520）について，材料強度材料強度基準案（暫定値）を策定した。本報告書は，解説編〔1〕の引張およびクリープ特性について策定に用いたデータをまとめたものである。

今回策定した材料強度基準案（暫定値）の項目は以下の通りである。

1. 設計降伏点 S_y ・ 設計引張強さ S_u
2. 強度補正係数（短時間強度）
3. 設計クリープ破断応力強さ S_R
4. 熱クリープひずみ式
5. 弾塑性応力～ひずみ関係式
6. 短時間塑性ひずみ制限値

* 大洗工学センター，燃料材料開発部，照射材料試験室

目 次

1. 材料強度基準案（暫定値）の策定用データ	
1.1 設計降伏点 S_y ・ 設計引張強さ S_u	1
1.2 強度補正係数（短時間強度）	7
1.3 設計クリープ破断応力強さ S_R	11
1.4 熱クリープひずみ式	12
1.5 弾塑性応力～ひずみ関係式	13
1.6 短時間塑性ひずみ制限値	15

設計降伏点 S_y ・ 設計引張強さ S_u						MMS	
改良オーステナイト鋼 (PNC1520)						1-1 (1/3)	
策定用データ ^{1) 2)}							
試験片番号	綱種	試験温度 (℃)	0.2%耐力 (kgf/mm ²)	引張強さ (kgf/mm ²)	破断伸び (%)	試験機関	備考
KA6165-3	60AK2	R T	68.2	75.3	10.0	K	
KA6169-4	60AK2	R T	67.6	75.8	14.0	S	
KA6156-3	60AK2	R T	69.6	77.0	16.0	H	
KA6156-1	60AK2	R T	70.7	73.9	15.0	P	
KA6157-1	60AK2	R T	70.4	73.4	16.0	P	
KA6169-1	60AK2	100	64.3	71.9	10.0	K	
KA6164-4	60AK2	100	64.5	71.9	12.0	S	
KA6156-6	60AK2	100	65.9	71.3	11.0	H	
KA6164-3	60AK2	200	63.5	68.1	7.0	K	
KA6165-2	60AK2	200	62.0	67.3	6.0	S	
KA6156-9	60AK2	200	63.1	67.4	5.0	H	
KA6164-1	60AK2	300	59.6	65.8	6.0	K	
KA6165-4	60AK2	300	60.1	65.4	5.0	S	
KA6156-12	60AK2	300	60.4	65.5	5.0	H	
KA6158-1	60AK2	300	64.0	66.3	6.0	P	
KA6164-5	60AK2	300	65.3	67.1	6.0	P	
KA6170-3	60AK2	400	57.3	63.8	5.0	K	
KA6166-2	60AK2	400	57.5	64.6	6.0	S	
KA6157-9	60AK2	400	57.6	64.3	7.0	H	
KA6165-5	60AK2	400	61.8	65.3	9.0	P	
KA6167-3	60AK2	500	56.2	63.0	7.0	K	
KA6166-4	60AK2	500	56.2	63.5	10.0	S	
KA6157-3	60AK2	500	55.3	63.3	9.0	H	
KA6156-4	60AK2	500	60.0	64.7	11.0	P	
KA6157-10	60AK2	500	59.5	63.8	12.0	P	
KA6165-1	60AK2	600	52.8	61.6	8.0	K	
KA6167-2	60AK2	600	51.2	59.0	7.0	S	
KA6157-6	60AK2	600	50.9	58.9	10.0	H	
KA6158-4	60AK2	600	53.9	59.7	13.0	P	
KA6156-2	60AK2	600	52.8	59.0	15.0	P	
KA6168-3	60AK2	650	50.3	56.4	12.0	K	
KA6167-4	60AK2	650	47.8	56.0	10.0	S	
KA6157-12	60AK2	650	46.7	54.6	10.0	H	
KA6165-6	60AK2	650	49.7	54.5	16.0	P	
KA6157-13	60AK2	650	49.9	54.7	12.0	P	
KA6169-3	60AK2	700	46.4	49.4	10.0	K	
KA6168-2	60AK2	700	43.6	50.6	11.0	S	
KA6157-15	60AK2	700	40.0	46.8	16.0	H	
KA6165-7	60AK2	700	43.7	47.6	19.0	P	
KA6166-6	60AK2	700	44.1	48.0	21.0	P	
KA6166-3	60AK2	750	42.1	44.6	15.0	K	
KA6168-4	60AK2	750	37.6	43.9	17.0	S	
KA6158-3	60AK2	750	35.9	40.7	20.0	H	
KA6156-10	60AK2	750	36.3	40.4	29.0	P	
KA6158-10	60AK2	750	37.2	41.1	25.0	P	
KA6166-3A	60AK2	800	36.5	37.4	20.0	K	

注) 試験機関
K : 神鋼 P : 動燃東海
S : 住金 O : 材料室
H : 日立

設計降伏点 S_y ・ 設計引張強さ S_u						MMS	
改良オーステナイト鋼 (PNC1520)						1-1	(2/3)
試験片番号	綱種	試験温度 ($^{\circ}\text{C}$)	0.2%耐力 (kgf/mm^2)	引張強さ (kgf/mm^2)	破断伸び (%)	試験機関	備考
AS009-1	62AS	R T	63.5	73.1	19.0	K	
AS009-2	62AS	300	56.3	63.2	6.6	K	
AS009-3	62AS	400	55.8	63.0	6.4	K	
AS010-1	62AS	500	58.9	63.5	9.6	K	
AS010-2	62AS	550	56.0	61.8	10.4	K	
AS010-3	62AS	600	52.7	59.6	10.0	K	
AS011-1	62AS	650	49.0	55.7	11.0	K	
AS011-2	62AS	700	43.7	49.3	15.0	K	
AS011-3	62AS	750	36.6	41.4	18.4	K	
AS012-1	62AS	800	30.7	34.8	22.6	K	
AS012-2	62AS	850	24.7	28.5	26.0	K	
AK009-1	62AK	R T	62.9	73.2	18.4	K	
AK009-2	62AK	300	55.3	62.5	5.0	K	
AK009-3	62AK	400	55.2	61.9	5.4	K	
AK010-1	62AK	500	57.9	63.0	8.0	K	
AK010-2	62AK	550	56.6	61.3	8.4	K	
AK010-3	62AK	600	52.6	59.4	11.8	K	
AK011-1	62AK	650	44.5	53.3	12.8	K	
AK011-2	62AK	700	40.6	47.1	16.0	K	
AK011-3	62AK	750	35.7	40.8	24.8	K	
AK012-1	62AK	800	30.2	33.9	22.8	K	
AK012-2	62AK	850	24.2	27.4	31.4	K	
AS009-4	62AS	R T	63.5	72.9	16.2	S	
AS009-5	62AS	300	56.7	62.7	6.2	S	
AS009-6	62AS	400	54.6	61.9	8.0	S	
AS012-5	62AS	500	59.1	63.3	7.8	S	
AS010-5	62AS	550	56.2	60.9	6.6	S	
AS010-6	62AS	600	52.0	58.6	8.8	S	
AS010-4	62AS	650	48.3	55.1	8.4	S	
AS011-5	62AS	700	43.2	50.2	9.4	S	
AS011-6	62AS	800	28.9	35.2	20.0	S	
AS012-4	62AS	850	22.9	29.5	23.0	S	
AK009-4	62AK	R T	64.3	73.2	20.2	S	
AK009-5	62AK	300	57.3	62.9	7.0	S	
AK009-6	62AK	400	54.9	62.2	8.4	S	
AK010-4	62AK	500	58.4	63.0	7.8	S	
AK010-5	62AK	550	56.1	61.1	7.4	S	
AK010-6	62AK	600	52.4	58.7	8.0	S	
AK011-4	62AK	650	44.4	53.0	13.0	S	
AK011-5	62AK	700	40.7	47.9	11.6	S	
AK011-6	62AK	800	28.7	34.5	19.8	S	
AK012-4	62AK	850	22.7	28.5	21.4	S	

1) "高速炉燃料被覆管のクリープ試験 (第16次試験)" SN9410 87-179 1987年12月

2) "高速炉燃料被覆管のクリープ試験 (第18次試験)" SN9410 90-042 1989年12月

設計降伏点 S_y ・ 設計引張強さ S_u						MMS	
改良オーステナイト鋼 (PNC1520)						1-1	(3/3)
試験片番号	綱種	試験温度 ($^{\circ}$ C)	0.2%耐力 (kgf/mm ²)	引張強さ (kgf/mm ²)	破断伸び (%)	試験機関	備考
AS014-1	62AS	R T	71.4	74.1	15.4	H	
AS014-2	62AS	300	63.1	64.8	4.0	H	
AS014-3	62AS	400	61.4	63.9	7.1	H	
AS014-4	62AS	500	57.1	62.3	8.2	H	
AS014-5	62AS	550	55.7	60.7	10.1	H	
AS014-6	62AS	600	53.1	58.1	11.6	H	
AS014-7	62AS	650	49.5	53.6	10.4	H	
AS014-8	62AS	700	42.8	46.3	13.7	H	
AS014-9	62AS	800	29.6	31.6	14.8	H	
AS015-2	62AS	850	24.1	24.8	26.0	H	
AK014-1	62AK	R T	66.2	72.3	20.9	H	
AK014-2	62AK	300	57.8	61.2	5.7	H	
AK014-3	62AK	400	56.1	61.1	8.9	H	
AK014-4	62AK	500	54.1	59.8	11.1	H	
AK014-5	62AK	550	52.1	58.0	12.7	H	
AK014-6	62AK	600	49.0	56.2	15.0	H	
AK014-7	62AK	650	46.6	52.2	15.4	H	
AK014-8	62AK	700	41.5	45.2	17.1	H	
AK015-1	62AK	800	30.0	32.0	12.9	H	
AK015-3	62AK	850	25.3	26.5	19.3	H	
AS005-11	62AS	R T	66.3	74.1	9.7	O	
AS005-12	62AS	300	62.5	65.9	3.1	O	
AS005-13	62AS	400	59.1	63.7	4.0	O	
AS005-14	62AS	500	57.6	62.3	5.2	O	
AS005-15	62AS	550	53.4	60.5	5.2	O	
AS005-16	62AS	600	51.7	58.0	7.9	O	
AS005-17	62AS	650	48.8	55.5	6.9	O	
AS005-18	62AS	700	43.4	48.9	8.4	O	
AS005-19	62AS	800	30.3	36.3	15.4	O	
AS005-20	62AS	850	24.1	29.9	16.3	O	
AK005-11	62AK	R T	62.3	73.6	11.5	O	
AK005-12	62AK	300	55.8	62.9	3.8	O	
AK005-13	62AK	400	53.5	62.7	5.5	O	
AK005-14	62AK	500	52.4	60.7	8.7	O	
AK005-15	62AK	550	50.9	59.2	7.3	O	
AK005-16	62AK	600	47.4	56.9	8.8	O	
AK005-17	62AK	650	45.4	53.6	8.8	O	
AK005-18	62AK	700	40.3	47.7	10.6	O	
AK005-19	62AK	800	29.6	31.4	15.1	O	
AK005-20	62AK	850	22.9	28.6	22.5	O	
AS019-01	62AS	900	17.2	18.5	38.0	S	
AS019-02	62AS	900	17.3	17.6	22.6	S	
AK019-01	62AK	900	18.1	19.8	18.0	S	
AK019-02	62AK	900	17.8	19.5	21.2	S	
AS019-03	62AS	1000	5.9	8.7	26.8	S	
AS019-04	62AS	1000	4.7	7.6	53.2	S	
AK019-03	62AK	1000	4.1	7.2	49.6	S	
AK019-04	62AK	1000	4.7	7.6	49.8	S	

設計降伏点 S_y ・ 設計引張強さ S_u					MMS	
改良オーステナイト鋼 (PNC1520)					1 - 1	(付録 1)
<u>改良SUS316鋼 R & D材の引張試験データ</u>						
表 1 改良SUS316鋼 R & D材の引張試験データ ¹⁾						
試験片番号	ロットNo.	試験温度 (℃)	0.2%耐力 (kgf/mm ²)	引張強さ (kgf/mm ²)	破断伸び (%)	備考
Z8WHE001	E561	650	43.9	52.5	21.0	
Z8WHE002	E561	650	44.5	52.4	22.0	
Z8WHE003	E561	R T	66.9	79.0	26.0	
Z8WHE004	E561	R T	68.2	79.1	26.0	
Z8WHE005	E561	R T	74.0	79.7	27.0	
Z8WHE006	E561	R T	70.6	76.6	27.0	
Z8WHE01	E561	R T	66.5	82.1	21.0	
Z8WHE02	E561	R T	67.2	82.5	20.8	
Z8WHE17	E561	650	43.8	55.6	12.0	
Z8WHE18	E561	650	44.8	55.8	17.0	
Z8WHK001	K561	R T	72.9	79.1	25.0	
Z8WHK002	K561	R T	72.6	79.3	26.0	
Z8WHK003	K561	650	49.0	56.4	10.0	
Z8WHK004	K561	650	48.8	56.7	11.0	
Z8WHK005	K561	R T	74.6	79.4	25.0	
Z8WHK006	K561	650	48.3	55.0	16.0	
Z8WHK006	K561	R T	74.9	79.8	25.0	
Z8WHK01	K561	R T	71.8	81.5	20.9	
Z8WHK02	K561	R T	71.9	80.7	20.8	
Z8WHK17	K561	650	48.0	57.6	14.0	
Z8WHK18	K561	650	48.3	56.8	13.2	
Z8WHN001	N561	650	50.6	55.5	12.0	
Z8WHN002	N561	650	50.0	54.1	9.0	
Z8WHN003	N561	R T	75.3	80.3	23.0	
Z8WHN004	N561	R T	74.3	79.1	26.0	
Z8WHN005	N561	R T	70.8	78.1	28.0	
Z8WHN006	N561	650	45.7	51.9	18.0	
Z8WHN007	N561	R T	70.0	77.4	28.0	
Z8WHN008	N561	650	45.1	51.2	17.0	
Z8WHN01	N561	R T	70.9	78.0	24.9	
Z8WHN02	N561	R T	69.9	78.3	25.0	
Z8WHN17	N561	650	44.7	53.8	10.8	
Z8WHN18	N561	650	44.0	53.2	13.6	
Z8WHS001	N561	650	50.7	58.7	11.0	
Z8WHS002	N561	650	51.1	59.2	10.0	

1) PNC内部資料

設計降伏点 S_y ・ 設計引張強さ S_u	MMS
改良オーステナイト鋼 (PNC1520)	1-1 (付録2)

改良SUS316鋼「もんじゅ」実機材の引張試験データ

表2 改良SUS316鋼「もんじゅ」実機材の引張試験データ (被覆管)²⁾

区 分	製 造 メ ー カ	試験温度 (℃)	0.2%耐力 (kgf/mm ²)	引張強さ (kgf/mm ²)	試験温度 (℃)	0.2%耐力 (kgf/mm ²)	引張強さ (kgf/mm ²)
炉 心 管	S 材	R T	65.3	77.7	650	43.4	52.0
			71.3	84.3		48.7	57.0
			66.8	79.3		49.1	57.4
			71.8	83.6		47.7	55.0
			71.8	83.6		48.4	51.7
			66.6	79.1		47.9	55.9
			66.7	81.5		48.6	56.7
			70.8	83.5		45.8	54.2
	K 材		71.3	83.9		47.7	56.6
			70.2	81.3		49.5	59.3
			69.0	81.0		51.5	59.0
			72.5	83.2		50.9	57.2
			71.9	82.9		50.7	58.8
			67.3	80.0		46.3	55.6
ブランケット材	S 材	73.2	85.4	51.2	57.8		
		69.0	79.3	51.5	60.0		
		64.7	76.1	51.0	60.0		
		72.5	81.9	47.1	53.0		
		67.2	78.4	46.0	53.6		
	K 材	72.5	81.7	48.1	55.7		
		70.4	80.2	46.8	54.8		
		73.0	82.2	48.7	58.0		
		70.9	83.9	49.4	57.4		
		70.1	82.2	49.4	56.8		
73.0	83.2	50.4	59.4				
71.8	84.5	49.7	58.4				
74.5	81.7	51.3	57.1				
75.8	85.1	52.8	58.2				

2) ミルシート値

設計降伏点 S_y ・ 設計引張強さ S_u	MMS
改良オーステナイト鋼 (PNC1520)	1-1 (付録3)

表2 改良SUS316鋼「もんじゅ」実機材の引張試験データ (ラッパ管)

製 造 メ ー カ	試験温度 ($^{\circ}$ C)	0.2%耐力 (kgf/mm ²)	引張強さ (kgf/mm ²)	試験温度 ($^{\circ}$ C)	0.2%耐力 (kgf/mm ²)	引張強さ (kgf/mm ²)
S材	RT	72.5	81.2	650	51.3	56.2
		77.6	85.5		50.9	60.5
		70.2	83.0		46.8	53.9
		67.2	75.6		50.5	57.7
		67.2	75.6		47.9	54.2
		76.4	85.2		52.9	58.2
		67.5	76.5		48.5	58.7
		74.5	83.4		48.5	56.2
K材	RT	70.9	77.3	50.7	57.2	
		82.3	89.6	58.4	64.6	
		72.0	80.8	58.7	64.7	
		86.8	92.1	50.7	57.3	
		70.3	78.6	51.0	57.3	
		88.4	92.1	59.5	65.2	
		75.6	85.7	54.8	59.8	
84.1	92.5	56.4	64.7			
NK材	RT	63.2	73.3	43.7	50.0	
		61.7	71.9	47.3	53.0	
		66.4	74.4	46.2	50.1	
		71.4	76.7	48.1	52.8	
		71.5	76.8	43.6	50.4	
		68.9	73.3	47.5	53.7	
		71.5	76.8	46.2	51.8	
68.9	73.3	47.9	54.0			
NS材	RT	68.2	73.2	45.4	50.2	
		68.2	79.1	49.1	57.2	
		68.2	79.1	47.9	55.0	
		77.5	84.1	49.1	57.2	
		72.6	81.6	50.4	59.1	
		63.5	71.2	38.0	46.2	
		77.5	84.1	50.5	58.7	
71.0	76.4	46.9	54.2			

強度補正係数 (短時間強度)	MMS
改良オーステナイト鋼 (PNC1520)	1 - 2 (1 / 4)

策定用データ

表 1 改良SUS316鋼照射材の引張試験データ¹⁾

照射 リグ	照射量* 10 ²² n/cm ²	照射温度 (℃)	試験温度 (℃)	照射時間 (h)	0.2%耐力 (kgf/mm ²)	引張強さ (kgf/mm ²)	σ_y/S_y	σ_u/S_u	鋼種
PFC010	3.7	436	450	4267	79.0	85.9	1.60	1.50	55MK
	4.3	474	450		71.6	80.9	1.45	1.42	55MK
	4.5	517	500		58.7	64.5	1.23	1.16	55MK
	4.3	553	550		51.9	60.4	1.14	1.13	55MK
	3.6	583	600		43.5	52.5	1.04	1.05	55MK
	2.7	605	600		45.2	51.1	1.08	1.03	55MK
	3.5	437	450		81.8	88.3	1.66	1.55	55MS
	4.1	471	450		74.6	82.7	1.51	1.45	55MS
	4.4	518	500		62.4	70.1	1.30	1.26	55MS
	4.2	554	550		54.8	62.4	1.20	1.17	55MS
	3.5	585	600		49.1	54.8	1.17	1.10	55MS
	2.6	603	600		48.2	53.4	1.15	1.07	55MS
PFC020	8.6	539	550	10800	48.1	61.6	1.05	1.15	55MK
	8.5	533	550		52.5	62.7	1.15	1.17	55MK
	5.1	630	650		34.2	40.7	0.92	0.90	55MK
	5.0	627	650		35.2	41.6	0.95	0.92	55MK
	8.5	536	550		47.9	65.2	1.05	1.22	55MS
	8.4	534	550		48.3	66.1	1.06	1.24	55MS
	5.0	626	650		37.6	43.1	1.02	0.96	55MS
	5.0	625	650		36.7	43.1	0.99	0.96	55MS
PFA010	3.0	425	450	4332	85.4	92.0	1.73	1.61	55MS
	3.0	430	450		82.0	90.8	1.66	1.59	55MS
	4.6	545	550		55.7	66.4	1.22	1.24	55MS
	2.7	590	600		48.3	54.8	1.15	1.10	55MS
	4.6	580	600		49.8	55.6	1.19	1.12	55MS
	2.8	595	600		45.6	52.0	1.09	1.05	55MS

* E > 0.1MeV

1) PNC内部資料

強度補正係数 (短時間強度)							MMS		
改良オーステナイト鋼 (PNC1520)							1 - 2	(2 / 4)	
照射 リグ	照射量* 10 ²² n/cm ²	照射温度 (℃)	試験温度 (℃)	照射時間 (h)	0.2%耐力 (kgf/mm ²)	引張強さ (kgf/mm ²)	σ_y/S_y	σ_u/S_u	鋼種
PFD029	6.0	445	450	7101	72.1	80.9	1.46	1.42	K005
	6.8	495	500		58.3	70.1	1.22	1.26	K005
	6.4	540	550		48.4	56.9	1.06	1.07	K005
	4.3	580	600		43.1	47.9	1.03	0.96	K005
PFD105	7.7	490	500	6462	53.9	58.0	1.13	1.04	S556
	4.9	590	600		37.6	46.1	0.90	0.93	S556
PFD153	10.1	484	500	9264	55.3	64.3	1.15	1.15	K012
	5.4	546	550		40.6	50.9	0.89	0.95	K012
	9.9	482	500		60.2	66.2	1.26	1.19	S567
	5.2	543	550		44.7	53.7	0.98	1.01	S567
PFD209	8.4	485	500	8142	64.6	70.3	1.35	1.26	—
	4.4	547	550		50.0	58.5	1.10	1.10	—
Phenix -PNC4	16.6	475	500	11441	60.2	68.3	1.26	1.22	55MK
	10.4	490	500	6576	59.7	70.2	1.25	1.26	55MK
	7.7	490	500	4865	59.0	71.9	1.23	1.29	55MK
	10.8	550	550	6576	52.4	63.0	1.15	1.18	55MK
	8.0	550	550	4865	52.5	63.1	1.15	1.18	55MK
	18.5	570	550	11441	43.8	55.8	0.96	1.04	55MK
	9.8	595	600	6576	43.5	51.2	1.04	1.03	55MK
	7.3	595	600	4865	45.4	52.4	1.08	1.05	55MK
	15.3	615	600	11441	35.6	46.7	0.85	0.94	55MK
	4.9	650	650	6576	32.0	37.0	0.86	0.82	55MK
	3.6	650	650	4865	33.4	38.7	0.90	0.86	55MK

* E > 0.1MeV

強度補正係数 (短時間強度)	MMS
改良オーステナイト鋼 (PNC1520)	1 - 2 (3 / 4)

表2 改良SUS316鋼Na浸漬材の引張試験データ²⁾

試験温度 (°C)	浸漬時間 (h)	0.2%耐力 (kgf/mm ²)	引張強さ (kgf/mm ²)	σ_y / S_y	σ_u / S_u	鋼種
500	2000	57.5	68.3	1.20	1.22	55MS
	2000	57.5	67.9	1.20	1.22	55MS
	3500	56.9	67.7	1.19	1.21	55MS
	3500	56.9	67.1	1.19	1.20	55MS
	3500	57.0	67.4	1.19	1.21	55MS
	5000	57.3	67.4	1.20	1.21	55MS
	5000	56.6	67.2	1.18	1.20	55MS
	5000	57.6	68.4	1.20	1.23	55MS
	10000	60.9	70.5	1.27	1.26	55MS
	10000	60.1	70.8	1.26	1.27	55MS
	10000	60.1	70.7	1.26	1.27	55MS
	18000	59.4	69.5	1.24	1.25	55MS
	18000	58.6	68.8	1.22	1.23	55MS
	18000	58.6	69.3	1.22	1.24	55MS
	2000	57.1	69.0	1.19	1.24	55MK
	2000	57.6	69.4	1.20	1.24	55MK
	3500	57.9	67.9	1.21	1.22	55MK
	3500	57.9	69.9	1.21	1.25	55MK
	3500	59.0	70.0	1.23	1.25	55MK
	5000	57.0	69.3	1.19	1.24	55MK
	5000	56.3	69.3	1.18	1.24	55MK
	5000	56.1	69.2	1.18	1.24	55MK
	10000	59.5	72.8	1.24	1.31	55MK
	10000	60.2	72.3	1.26	1.30	55MK
	10000	59.7	72.3	1.25	1.30	55MK
	10000	60.1	70.6	1.26	1.27	55MK
	10000	59.1	70.9	1.23	1.27	55MK
	18000	60.4	72.2	1.26	1.29	55MK
	18000	58.8	70.6	1.23	1.27	55MK
	18000	58.9	69.9	1.23	1.25	55MK
600	2000	48.4	57.6	1.16	1.16	55MS
	2000	50.8	58.4	1.21	1.18	55MS
	3500	49.6	57.6	1.18	1.16	55MS
	3500	49.9	57.6	1.19	1.16	55MS
	3500	49.7	57.9	1.19	1.17	55MS
	5000	48.6	57.4	1.16	1.16	55MS
	5000	48.5	57.6	1.16	1.16	55MS
	5000	49.8	58.1	1.19	1.17	55MS
	10000	49.9	59.9	1.19	1.21	55MS
	10000	49.9	60.8	1.19	1.22	55MS
	18000	46.0	56.8	1.10	1.14	55MS
	18000	44.8	57.2	1.07	1.15	55MS
18000	45.6	56.6	1.09	1.14	55MS	

2) “高速炉用改良SUS316ステンレス鋼燃料被覆管の高温材料データ集”

強度補正係数 (短時間強度)						MMS
改良オーステナイト鋼 (PNC1520)						1 - 2 (4 / 4)
試験温度 (°C)	浸漬時間 (h)	0.2%耐力 (kgf/mm ²)	引張強さ (kgf/mm ²)	σ_y / S_y	σ_u / S_u	鋼種
600	2000	50.0	58.7	1.19	1.18	55MK
	2000	48.9	57.9	1.17	1.17	55MK
	3000	49.0	57.6	1.17	1.16	55MK
	3000	48.9	57.5	1.17	1.16	55MK
	3000	48.5	57.6	1.16	1.16	55MK
	5000	48.2	57.6	1.15	1.16	55MK
	5000	48.5	57.2	1.16	1.17	55MK
	5000	48.5	57.5	1.16	1.16	55MK
	10000	48.5	59.1	1.16	1.19	55MK
	10000	48.3	58.9	1.15	1.19	55MK
	10000	48.9	58.2	1.17	1.19	55MK
	10000	46.2	56.5	1.10	1.14	55MK
	10000	46.4	56.9	1.11	1.15	55MK
	18000	45.3	56.4	1.08	1.14	55MK
	18000	44.9	55.1	1.07	1.11	55MK
	18000	44.9	55.2	1.07	1.11	55MK
650	5000	37.9	47.9	1.02	1.06	55MS
	5000	36.5	46.3	0.99	1.03	55MS
	5000	36.7	46.1	0.99	1.02	55MK
	5000	36.9	46.3	1.00	1.03	55MK
675	5000	32.3	42.2	0.96	1.01	55MS
	5000	32.3	41.9	0.96	1.01	55MS
	5000	31.2	40.5	0.92	0.97	55MK
	5000	31.2	40.7	0.92	0.98	55MK
700	2000	30.1	38.7	0.98	1.01	55MS
	2000	28.9	38.2	0.94	1.00	55MS
	3500	27.6	36.5	0.90	0.95	55MS
	3500	27.8	36.9	0.91	0.96	55MS
	3500	27.8	36.9	0.91	0.96	55MS
	5000	26.4	35.7	0.86	0.93	55MS
	5000	27.2	36.5	0.89	0.95	55MS
	5000	27.0	36.3	0.88	0.95	55MS
	10000	25.8	36.3	0.84	0.95	55MS
	10000	26.1	36.6	0.85	0.94	55MS
	10000	26.1	36.3	0.85	0.95	55MS
	18000	24.5	34.1	0.80	0.89	55MS
	18000	24.4	34.6	0.80	0.90	55MS
	18000	24.3	34.6	0.79	0.90	55MS
	2000	28.2	37.1	0.92	0.97	55MK
	2000	28.4	37.4	0.93	0.97	55MK
	3500	26.9	36.0	0.88	0.94	55MK
	3500	27.2	36.3	0.89	0.95	55MK
	3500	27.2	36.1	0.89	0.94	55MK
	5000	26.6	36.2	0.87	0.94	55MK
	5000	27.1	36.4	0.88	0.95	55MK
	5000	27.1	36.3	0.88	0.95	55MK
	10000	26.1	36.4	0.85	0.95	55MK
	10000	25.9	36.2	0.84	0.94	55MK
	10000	25.6	35.0	0.83	0.94	55MK
	10000	24.5	35.0	0.80	0.91	55MK
	10000	24.3	34.8	0.79	0.91	55MK
	18000	23.9	33.9	0.78	0.88	55MK
18000	23.6	34.0	0.77	0.89	55MK	

設計クリープ破断応力強さ S_R	MMS
改良オーステナイト鋼 (PNC1520)	1-3 (1/1)

策定用データ¹⁾

内圧クリープ破断試験結果

鋼種	温度 (°C)	周応力 (kgf/mm ²)	破断時間 (h)	鋼種	温度 (°C)	周応力 (kgf/mm ²)	破断時間 (h)				
60AK2	600	50.0	161.3	60AK2	750	17.9	1398.9				
		45.3	1036.6			16.5	817.0				
		43.0	3313.7			16.0	1142.8				
		42.9	1077.2			15.9	1155.0				
		40.5	3214.7			14.8	2350.7				
		39.0	7487.4			13.2	1474.0				
		37.7	5175.0			12.8	1899.1				
		37.7	5175.0			12.5	5130.4				
	650	650	43.5		70.4	62AS	650	43.5	61.0		
			41.0		137.0			38.9	262.0		
			40.9		223.5			35.5	923.0		
			38.4		357.0			700	33.0	135.0	
			36.0		1125.1				30.4	294.0	
			36.0		1585.0				26.4	728.0	
			35.4		1549.0				750	25.5	83.3
			32.2		2388.5			22.4		73.9	
		31.0	6394.2		20.4	216.1					
		29.0	8751.1		15.3	1114.5					
		700	700		32.1	284.7	62AK	650	43.5	23.0	
					32.0	227.3			38.9	337.0	
					26.2	2332.0			38.2	552.0	
					25.7	1099.9			35.5	1312.0	
					25.5	1648.1			700	34.5	138.0
					21.2	2941.6				30.8	305.0
25.7	69.5			26.7	969.0						
25.6	55.3			750	25.5	125.0					
22.9	202.0	22.4	277.0								
22.4	514.0	16.3	954.0								
21.9	141.1										
750	750	20.5	238.2								
		20.0	617.3								
		18.9	331.0								

〈参考〉単軸クリープ破断試験結果

鋼種	温度 (°C)	単軸応力 (kgf/mm ²)	破断時間 (h)	鋼種	温度 (°C)	単軸応力 (kgf/mm ²)	破断時間 (h)
62AS	750	14.3	1041.7	62AK	750	14.3	1001.0

1) “高速炉燃料被覆管のクリープ試験 (第18次試験)” SN9410 90-042 1989年12月

熱クリープひずみ式							MMS	
改良オーステナイト鋼 (PNC1520)							1 - 4 (1 / 1)	
策定用データ ¹⁾								
区分	温度 (℃)	相当応力 (kgf/mm ²)	鋼種	t _R (h)	ε ₀ (%)	ε _T (%)	ε̇ _S (mm/mm/h)	γ (h ⁻¹)
単軸	600	18.4	62AK	2.50E+6	0.082	0.0236	2.69E-5	7.70E-7
			62AS	2.50E+6	0.084	0.0481	4.41E-5	6.10E-5
		14.3	62AK	1.02E+7	0.079	0.0213	1.93E-5	6.70E-7
			62AS	1.02E+7	0.065	0.0332	1.60E-5	4.80E-7
		10.2	62AK	5.66E+7	0.054	0.0387	1.08E-5	1.30E-6
			62AS	5.66E+7	0.043	0.0283	1.11E-5	1.30E-6
	700	18.4	62AK	4.17E+3	0.131	0.1020	1.74E-4	4.00E-6
			62AS	4.17E+3	0.138	0.0740	3.46E-4	1.30E-6
		14.3	62AK	1.48E+4	0.123	0.0815	1.24E-4	7.00E-6
			62AS	1.48E+4	0.090	0.0652	1.15E-4	1.00E-6
		10.2	62AK	6.86E+4	0.068	0.0468	5.13E-5	6.70E-7
			62AS	6.86E+4	0.075	0.1180	7.95E-5	6.30E-5
	7.1	62AK	2.87E+5	0.044	0.0420	4.10E-5	5.10E-6	
		62AS	2.87E+5	0.044	0.0427	3.57E-5	1.30E-6	
	750	14.3	62AK	1.00E+3 ^{*)}	0.100	0.0793	8.13E-4	7.50E-5
			62AS	1.04E+3 ^{*)}	0.127	0.1500	6.92E-4	2.80E-4
		10.2	62AK	3.91E+3	0.078	0.0735	2.30E-4	1.30E-6
			62AS	3.91E+3	0.089	0.1500	1.63E-4	1.30E-6
7.1		62AK	1.52E+4	0.045	0.0710	9.90E-5	6.30E-6	
		62AS	1.52E+4	0.052	0.0910	7.64E-5	1.10E-4	
内圧	650	12.4	62AK	6.54E+5	—	0.1840	1.74E-4	7.20E-6
			62AS	6.54E+5	—	0.2570	1.29E-4	6.70E-7
			62AS	6.54E+5	—	0.0740	7.89E-5	6.70E-7
	700	15.9	62AK	8.83E+3	—	0.3100	5.72E-4	2.80E-5
			62AS	8.83E+3	—	0.3990	4.50E-4	9.10E-6
		12.4	62AK	2.86E+4	—	0.1680	3.11E-4	1.00E-6
			62AS	2.86E+4	—	0.1600	2.19E-4	1.00E-6
		8.8	62AK	1.21E+5	—	0.0457	1.58E-4	3.20E-5
			62AK	1.21E+5	—	0.4610	1.49E-4	2.30E-5
			62AS	1.21E+5	—	0.2560	3.65E-5	2.40E-5
		7.2	62AS	1.21E+5	—	0.4450	2.18E-4	6.70E-7
			62AS	2.73E+5	—	0.1840	3.70E-5	1.30E-6
6.1	62AK	5.07E+5	—	0.2970	2.08E-4	5.50E-5		
	62AS	5.07E+5	—	0.1740	1.28E-4	2.00E-5		

^{*)} 破断

1) “高速炉燃料被覆管のクリープ試験 (第18次試験)” SN9410 90-042
1989年12月

弾塑性応力～ひずみ関係式					MMS	
改良オーステナイト鋼 (PNC1520)					1 - 5 (1 / 2)	
策定用データ ¹⁾						
試験機関	温度 (℃)	ひずみ速度 (%/min)	鋼種	縦弾性係数 E(kgf/mm ²)	σ_p / σ_y	材料定数 m
K	R T	0.3	62AK	15500	0.612	0.4000
S	R T			19800	0.444	0.3772
K	300			15400	0.658	0.4466
S	300			19600	0.560	0.5838
K	400			15800	0.653	0.3458
S	400			19700	0.502	0.3730
K	500			14600	0.707	0.4507
S	500			16500	0.586	0.4841
K	550			15200	0.710	0.3537
S	550			16800	0.468	0.3731
K	600			12900	0.688	0.4300
S	600			16100	0.514	0.4350
K	650			14200	0.692	0.4120
S	650			16500	0.540	0.3362
K	700			11500	0.647	0.4146
S	700			15300	0.565	0.4032
K	800			10900	0.507	0.3432
S	800			14000	0.437	0.3928
K	850			8300	0.634	0.3071
S	850			13500	0.451	0.4486

1) PNC内部資料

弾塑性応力～ひずみ関係式					MMS	
改良オーステナイト鋼 (PNC1520)					1 - 5 (2 / 2)	
試験機関	温度 (℃)	ひずみ速度 (%/min)	鋼種	縦弾性係数 E(kgf/mm ²)	σ_p / σ_y	材料定数 m
K	RT	0.3	62AS	15900	0.600	0.4025
S	RT			20300	0.344	0.3781
K	300			16500	0.587	0.3464
S	300			19200	0.515	0.3852
K	400			18100	0.754	0.4237
S	400			18700	0.500	0.3835
K	500			13700	0.708	0.3861
S	500			17600	0.526	0.3685
K	550			13800	0.649	0.4096
S	550			17700	0.567	0.3848
K	600			13300	0.646	0.4183
S	600			16000	0.449	0.3830
K	650			12400	0.651	0.3479
S	650			16000	0.481	0.3828
K	700			11900	0.644	0.4130
S	700			14700	0.530	0.3329
K	800			11400	0.596	0.3189
S	800			13300	0.414	0.3010
K	850			8900	0.594	0.3034
S	850			12700	0.409	0.4364

短時間塑性ひずみ制限値	MMS
改良オーステナイト鋼 (PNC1520)	1-6 (1/2)

策定用データ

表1 改良オーステナイト鋼 (PNC1520) と改良SUS316鋼の非照射材引張試験データ¹⁾

材質	試験温度 (℃)	0.2%耐力 (kgf/mm ²)	引張強さ (kgf/mm ²)	破断伸び (%)	一様伸び (%)	鋼種	試験機		
PNC 1520	R T	62.3	73.4	11.8	7.9	62AK	PNC		
	R T	66.3	74.2	9.9	5.3	62AS			
	500	52.4	60.7	7.8	6.7	62AK			
	500	57.7	62.3	4.9	4.3	62AS			
	550	50.9	59.3	7.7	6.6	62AK			
	550	53.5	60.5	6.6	6.0	62AS			
	600	47.4	56.9	9.3	8.8	62AK			
	600	51.7	58.1	7.9	5.5	62AS			
	650	45.4	53.7	8.6	6.0	62AK			
	650	48.3	53.5	6.9	4.4	62AS			
	700	40.3	47.8	11.0	2.2	62AK			
	700	43.5	49.0	8.9	1.9	62AS			
	改良 SUS316	R T	67.2	82.2	13.0	6.9		55MK	住金
		R T	67.4	83.1	13.0	7.6		55MK	
R T		66.6	83.0	13.0	7.7	55MK			
R T		67.3	83.4	13.0	7.2	55MK			
R T		67.7	82.4	13.0	7.8	55MK			
R T		66.6	83.1	13.0	7.5	55MK			
R T		67.0	83.0	13.0	7.4	55MK			
R T		67.3	82.1	12.7	7.1	55MK			
500		67.4	82.9	12.7	7.7	55MK			
500		56.2	66.7	8.0	5.8	55MK			
500		56.6	66.3	5.5	3.7	55MK			
500		56.9	66.7	6.0	3.0	55MK			
500		57.4	66.5	5.0	3.5	55MK			
500		57.1	66.7	5.0	4.1	55MK			
600		51.0	61.4	7.7	3.3	55MK			
600		50.9	61.0	8.0	5.5	55MK			
600		50.8	61.0	8.0	5.7	55MK			
600		50.6	61.1	7.7	5.7	55MK			
600		49.9	61.0	8.0	6.6	55MK			
600		51.2	61.3	8.0	5.5	55MK			
700		39.1	49.5	14.0	2.2	55MK			
700		38.8	49.0	14.0	2.0	55MK			
700		39.3	48.9	13.0	2.2	55MK			
700		38.5	48.6	16.0	2.1	55MK			
700		39.1	49.1	14.0	2.2	55MK			
700		39.6	48.8	14.0	2.1	55MK			
700		38.9	48.7	13.0	2.1	55MK			
500		53.8	65.8	8.4	4.4	55MK			
500		52.9	65.5	8.4	4.2	55MK			
500		53.3	65.0	7.7	5.1	55MK			
500		53.0	66.6	5.8	5.8	55MS			
500		53.5	66.5	5.2	3.8	55MS			
500		56.6	66.2	4.8	2.0	55MS			
550		53.9	63.5	5.5	4.4	55MK			
550		49.9	63.1	5.0	5.8	55MK			
550		58.6	64.6	8.7	3.3	55MS			
550		56.8	65.6	7.4	3.4	55MS			
600		50.2	61.1	—	6.0	55MK			
600		48.5	60.5	—	5.5	55MK			
600		49.5	60.6	—	5.5	55MK			
600		54.3	61.3	—	3.3	55MS			
600		54.6	61.4	—	3.3	55MS			
600	54.9	64.4	7.4	6.8	55MS				
650	45.5	57.6	—	6.0	55MK				
650	44.4	57.4	10.8	6.6	55MK				
650	50.8	59.8	—	6.3	55MS				
650	50.1	58.2	7.0	4.4	55MK				
700	40.6	50.4	12.8	4.4	55MK				
700	40.7	50.6	14.8	4.4	55MK				
700	41.6	51.5	11.5	4.2	55MK				
700	44.8	52.0	11.4	3.0	55MS				
700	44.9	52.2	11.4	2.8	55MS				
700	44.2	52.2	10.2	3.0	55MS				

*スパイラル破断のため、測定不能

1) PNC内部資料

短時間塑性ひずみ制限値								MMS	
改良オーステナイト鋼 (PNC1520)								1-6	(2/2)
表2 改良SUS316鋼の照射材引張試験データ ²⁾									
照射 リグ	照射量* 10 ²² n/cd	照射温度 (℃)	試験温度 (℃)	0.2%耐力 (kgf/mm ²)	引張強さ (kgf/mm ²)	破断伸び (%)	一様伸び (%)	鋼種	歪み 速度
PFC010	2.6	403	400	85.7	92.9	2.9	1.8	55MK	6.7× 10 ⁻⁵ sec ⁻¹
	3.7	436	450	79.0	85.9	2.6	2.1	55MK	
	4.3	474	450	71.6	80.9	5.1	4.5	55MK	
	4.5	517	500	58.7	64.5	1.6	1.2	55MK	
	4.3	553	550	51.9	60.4	6.1	5.1	55MK	
	3.6	583	600	43.5	52.5	9.4	3.7	55MK	
	2.7	605	600	45.2	51.1	11.0	3.8	55MK	
	2.4	400	400	89.2	95.1	3.2	2.0	55MS	
	3.5	437	450	81.8	88.3	2.4	1.8	55MS	
	4.1	471	450	74.6	82.7	3.3	2.7	55MS	
	4.4	518	500	62.4	70.1	3.8	3.3	55MS	
	4.2	554	550	54.8	62.4	5.1	4.6	55MS	
	3.5	585	600	49.1	54.8	8.4	3.6	55MS	
	2.6	603	600	48.2	53.4	10.0	3.8	55MS	
PFC020	5.5	417	400	85.4	91.0	2.8	1.6	55MK	
	5.4	417	400	88.1	93.4	2.9	2.0	55MK	
	8.6	539	550	48.1	61.6	7.0	5.0	55MK	
	8.5	533	550	52.5	62.7	5.9	4.5	55MK	
	5.1	630	650	34.2	40.7	16.4	2.7	55MK	
	5.0	627	650	35.2	41.6	15.4	2.8	55MK	
	5.4	417	400	82.1	93.3	1.1	1.0	55MS	
	5.4	416	400	82.1	91.3	0.6	0.6	55MS	
	8.5	536	550	47.9	65.2	5.6	4.3	55MS	
	8.4	534	550	48.3	66.1	7.2	5.2	55MS	
	5.0	626	650	37.6	43.1	16.0	2.7	55MS	
5.0	625	650	36.7	43.1	14.1	2.4	55MS		
PPD105	4.0	395	400	83.0	88.3	1.7	1.1	S556	
	7.7	490	500	53.9	58.0	0.4	0.4	S556	
	4.9	590	600	37.6	46.1	10.7	4.3	S556	
Phenix -PNC4	16.6	457	500	60.2	68.3	2.7	2.5	55MK	
	10.4	490	500	59.7	70.2	6.3	4.6	55MK	
	7.7	490	500	60.0	71.9	10.7	8.7	55MK	
	10.8	550	550	52.4	63.0	11.0	7.1	55MK	
	8.0	550	550	52.5	63.1	8.5	6.6	55MK	
	18.5	570	550	43.8	55.8	11.8	7.8	55MK	
	9.8	595	660	43.5	51.2	15.7	5.1	55MK	
	7.3	595	660	45.4	52.4	14.4	4.4	55MK	
	15.3	615	660	35.6	46.7	17.0	5.7	55MK	
	4.9	650	650	32.0	37.0	19.9	3.6	55MK	
	3.7	650	650	33.4	38.7	22.9	3.2	55MK	

* E > 0.1MeV

2) PNC内部資料