

**ESTUDO EXPERIMENTAL DE FABRICAÇÃO DE ELEMEN-
TOS COMBUSTÍVEIS PLANOS DOTADOS DE MÚLTIPLOS
"CERMETS"**

*THARCÍSIO DAMY DE SOUZA SANTOS, JOSÉ DEODORO TRANI
CAPOCCHI, SEBASTIÃO HERMANO LEITE CINTRA*



PUBLICAÇÃO IEA N.º 162
Junho — 1968

INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA
Caixa Postal 11049 (Pinheiros)
CIDADE UNIVERSITÁRIA "ARMANDO DE SALLES OLIVEIRA"
SÃO PAULO — BRASIL

ESTUDO EXPERIMENTAL DE FABRICAÇÃO DE ELEMENTOS COMBUSTÍVEIS
PLANOS DOTADOS DE MÚLTIPLOS "CERMETS"

Tharcísio Damy de Souza Santos
José Deodoro Trani Capocchi
Sebastião Hermano Leite Cintra

Divisão de Metalurgia Nuclear
Instituto de Energia Atômica
São Paulo - Brasil

Publicação IEA Nº 162

Junho - 1968

Comissão Nacional de Energia Nuclear

Presidente: Prof. Uriel da Costa Ribeiro

Universidade de São Paulo

Reitor: Prof. Dr. Luis Antonio da Gama e Silva

Instituto de Energia Atômica

Director: Prof. Rômulo Ribeiro Pieroni

Conselho Técnico-Científico do IEA

Prof. Dr. José Moura Gonçalves	}	pela USP
Prof. Dr. José Augusto Martins		
Prof. Dr. Rui Ribeiro Franco	}	pela CREN
Prof. Dr. Theodoro H. L. de Arruda Souto		

Divisões Didático-Científicas

Divisão de Física Nuclear -

Chefe: Prof. Dr. Marcello D. S. Santos

Divisão de Radioquímica -

Chefe: Prof. Dr. Fausto Walter de Lima

Divisão de Radiobiologia -

Chefe: Prof. Dr. Rômulo Ribeiro Pieroni

Divisão de Metalurgia Nuclear -

Chefe: Prof. Dr. Tharcísio D. S. Santos

Divisão de Engenharia Química -

Chefe: Lic. Alcídio Abrão

Divisão de Engenharia Nuclear -

Chefe: Engº Pedro Bento de Camargo

Divisão de Operação e Manutenção de Reatores -

Chefe: Engº Azor Camargo Pentecado Filho

Divisão de Física de Reatores -

Chefe: Prof. Paulo Saraiva de Toledo

Divisão de Ensino e Formação -

Chefe: Prof. Dr. Rui Ribeiro Franco

ESTUDO EXPERIMENTAL DE FABRICAÇÃO DE ELEMENTOS COMBUSTÍVEIS

PLANOS DOTADOS DE MÚLTIPLOS "CERMETS"

Tharcísio Damy de Souza Santos

José Deodoro Trani Capocchi

Sebastião Hermano Leite Cintra

RESUMEN

La División de Metalurgia Nuclear del Instituto de Energía Atómica, de São Paulo, visando la utilización en condiciones más severas de las habituales en reactores de investigación, cuyos elementos combustibles sean placas planas (o curvas) y conteniendo un único "cermet", promovió investigaciones por la fabricación de un tipo perfeccionado, conteniendo varios "cermets".

La rigidez estructural de esa división del núcleo asegura mayor resistencia a los efectos térmicos y los provenientes de gases residuales, inclusive los de fisión, y menor riesgo de contaminación, en el caso de eventual ruptura localizada del revestimiento. Además de eso, el arreglo de varios "cermets" permite disponer composiciones diferentes en un mismo elemento combustible, lo que puede ser ventajoso en determinadas condiciones.

Los estudios experimentales tuvieron por objeto la producción inicial de elementos combustibles placas dotados de 4 "cermets" conteniendo 42% U_3O_8 y 58% de Al en polvo, con revestimiento de aluminio 1100, y teniendo cerca de 2,5 mm de espesor total final.

La parte experimental resultó comprendió: 1) fabricación de briquetas con las características deseadas; 2) laminación en caliente de los conjuntos constituidos de briqueta, soldadas y placas de cobertura hasta un espesor de $2,6 \pm 0,1$ mm; 3) laminación en frío, hasta un espesor de $2,45 \pm 0,02$ mm.

Los elementos combustibles fabricados comportaronse satisfactoriamente en el ensayo de burbujas, realizado a $450^\circ C$ durante 1 hora, las radiografías obtenidas evidenciaron la perfecta distribución de los 4 "cermets" sin que existiesen irregularidades mayores o defectos en sus extremidades.

Al final son presentados datos característicos de elementos combustibles obtenidos con esta concepción.

RÉSUMÉ

La Divisão de Metalurgia Nuclear de l'Institut de Energia Atômica, de São Paulo, cherchant l'utilisation en des conditions plus sévères que celles qui sont habituelles en des reacteurs de recherche, dont les éléments combustibles sont des plaques planes (ou courbes) et contenant le combustible briquette, poursuit recherches de fabrication d'un type perfectionné, ayant plusieurs briquettes. L'améliorissement structurel qui résulte de cette division de la noyau assure plus grande résistance aux effets thermiques et aux provenances des gaz résiduels, en y comprenant ceux de fission, et moindre danger de contamination, dans le cas d'une éventuelle rupture localisée de la gaine. Hormis, l'arrangement de plusieurs briquettes permet disposer des compositions différentes dans un même élément combustible, ce qui peut être d'avantage en des conditions déterminées.

Les études expérimentales se rapportent à la production initiale d'éléments combustibles plans dotés de 4 briquettes en contenant 45% UO_2 et 5% Al en poudre, avec gaine de l'alliage de aluminium 3100, et ayant à peu près de 2,5 mm de épaisseur totale finale.

Les recherches réalisées ont compris: 1) la fabrication des briquettes avec les caractéristiques désirées; 2) le laminage à chaud des ensembles formés avec briquettes, cadre et gaine, jusqu'à l'épaisseur de $3,6 \pm 0,1$ mm, et 3) laminage à froid, jusqu'à l'épaisseur de $2,45 \pm 0,02$ mm.

Les éléments combustibles fabriqués se conduisent d'une façon satisfaisante à l'essai de soufflure réalisé à $450^\circ C$, pendant une heure; les radiographies obtenues montrent la parfaite distribution des briquettes, sans qu'il existe des irrégularités plus grandes que défauts en ses extrémités.

Enfin sont présentées quelques caractéristiques d'éléments combustibles obtenus avec cette conception.

ABSTRACT

The Divisão de Metalurgia Nuclear of the Institute de Energia Atômica has developed an improved type of plate fuel element for research reactors, having four pellets.

These cermets are dispersions of U_3O_8 in a metallic aluminum powder matrix.

The new type presents some advantages over the single-cermet fuel element: it has greater strength and it can be used under more severe conditions; its resistance to thermal gradients and to the stresses arisen from residual gases or gaseous fission products are smaller; and the danger of contamination due to a cladding failure is minimized. In addition, the geometry can be varied as required by setting several cermets in the plate.

The cermets used in this study were 40 pct U_3O_8 and 55 pct Al, the cladding being the 1100 aluminum alloy.

The main experimental procedures were: 1) production of the cermets; 2) hot rolling of the welded picture frame sets; 3) cold rolling to $2,45 \pm 0,02$ mm final thickness.

The behaviour of the produced final plates in the blister test (one hour at $450^{\circ}C$) was successful, and the radiographs did not show any visible defect.

The characteristics of the plates produced are presented.

ESTUDO EXPERIMENTAL DE FABRICAÇÃO DE ELEMENTOS COMBUSTÍVEIS PLANOS DOTADOS DE MÚLTIPLOS "CERMETS" (1)

THARCISIO DAMY DE SOUZA SANTOS (1)
JOSÉ DEODORO TRANI CAPOCCHI (2)
SEBASTIÃO HERMANO LETTE CINTRA (3)

RESUMO

A Divisão de Metalurgia Nuclear do Instituto de Energia Atômica, de São Paulo, visando a utilização em condições mais severas do que as habituais em reatores de pesquisa, cujos elementos combustíveis sejam placas planas (ou curvadas) e contendo um único "cermet", promoveu pesquisas de fabricação de um tipo aperfeiçoado, contendo vários "cermets". O enrijecimento estrutural resultante dessa divisão do núcleo assegura maior resistência aos efeitos térmicos e aos decarretes de gases residuais, inclusive os de fissão, e menor risco de contaminação, no caso de eventual ruptura localizada do revestimento. Além disso, o emprego de vários "cermets" permite dispor composições diferentes em um mesmo elemento combustível, o que pode ser vantajoso em determinadas condições.

Os estudos experimentais objetivaram a produção inicial de elementos combustíveis planos dotados de 4 "cermets" contendo 55% U₂O₈ e 55% Al em pó, com revestimento de alumina 100%, e tábua de cerâmica de 2,5 mm de espessura total final.

A parte experimental realizada compreendeu: 1) fabricação de briquetes com as características desejadas; 2) laminação a quente dos conjuntos constituídos de briquetes, molduras e placas de cobertura, até espessura de $2,6 \pm 0,1$ mm; e 3) laminação a frio, até a espessura de $2,35 \pm 0,02$ mm.

Os elementos combustíveis fabricados comportaram-se satisfatoriamente no curso de empolamento, realizado a 450°C durante 1 hora; as radiografias obtidas evidenciaram a perfeita distribuição dos 4 "cermets", sem que houvessem irregularidades maiores ou defeitos em suas extremidades.

Afinal são apresentados dados característicos de elementos combustíveis obtidos com esta concepção.

1. INTRODUÇÃO

As condições de montagem e de fixação das placas com um único núcleo ("cermet" ou liga) para constituir os elementos combustíveis para reatores de pesquisa, muitas vezes ocasionam dificuldades especiais para o material do núcleo, se ficarem em contacto com a água usada como meio moderador e arrefecedor.

A fixação pode ser feita por meio de parafusos que atravessam as placas, como é o caso dos elementos combustíveis para o reator "Argonauta". As placas dos elementos combustíveis desse reator são habitualmente fabricadas por extrusão, o que exige proteção de suas extremidades por meio de resina impermeável, para evitar a corrosão do "cermet" que, dessa forma, seria exposto à água do reator. Neste caso, mesmo quando as placas são fabricadas pelo processo de co-laminação de conjuntos de moldura

e placas de cobertura, que garante a completa proteção das extremidades, continua a existir o problema dos furos abertos por usinagem para a passagem dos parafusos de fixação. A fim de impedir o contacto da água com o núcleo, utilizam-se espaçadores especiais, de lueta, que são inseridos sob pressão na zona perfurada. Muito embora elementos combustíveis com esses característicos sejam utilizados correntemente sem maiores dificuldades, não há dúvida de que esse tipo de fixação apresenta um sério inconveniente.

Visando evitar essas dificuldades, o programa de trabalhos presentemente em andamento na Divisão de Metalurgia Nuclear incluiu o estudo de fabricação de elementos planos dotados de vários núcleos, inicialmente na forma de "cermets", permitindo que os furos para fixação sejam usinados na zona em que só existe material de revestimento. Além dessa vantagem, esta concepção assegura enrijecimento estrutural, maior continuidade do material de revestimento, maior resistência aos efeitos térmicos e aos decarretes de gases residuais, inclusive os de fissão e, finalmente, menor contaminação no caso de eventual ruptura localizada do revestimento. Outra possibilidade, se se desejar composições diferentes em um mesmo combustível, o que pode ser vantajoso em determinadas condições, é a do emprego de "cermets" de diferentes teores,

(1) Contribuição Técnica nº 742. Apresentada no XXII Congresso Anual da ABM, Vitória, ES, julho de 1967.

(2) Membro da ABM; Chefe da Divisão de Metalurgia Nuclear, Instituto de Energia Atômica; Professor Catedrático de Metalurgia dos Metais Não-Ferrosos e Diretor da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, SP.

(3) Membro da ABM; Engenheiro Metalurgista e Nuclear; Divisão de Metalurgia Nuclear, Instituto de Energia Atômica, São Paulo, SP.

Nesta contribuição descrevem os autores, resumidamente, os estudos experimentais concluídos e os resultados obtidos na fabricação de elementos combustíveis dotados de quatro "cermets". O programa de fabricação previu inicialmente os "cermets" de 45% U.O. e 55% Al, convindo entretanto lembrar que diversas outras composições já tem sido estudadas e fabricadas pela Divisão de Metalurgia Nuclear (1, 2, 3, 4, 5).

2. GENERALIDADES SOBRE A FABRICAÇÃO DOS "CERMETS"

Os trabalhos experimentais objetivaram a fabricação de placas contendo quatro "cermets" de 45% U.O. e 55% Al. As dimensões dos "cermets" utilizáveis para inserção no quadro dos conjuntos de molduras, constam do desenho da figura 1. Nesta figura estão representadas as localizações dos quatro "cermets", separados também originalmente por 6 mm de espessura do material de revestimento, sendo também a laminação feita paralelamente à maior dimensão do "cermet".



Fig. 1 - Desenho do molde de moldura utilizado para a inserção dos quatro "cermets".

O U.O. utilizado é a fração que passa na peneira de 325 malhas por polegada, resultante da calcinação a 850°C, durante 3 horas, de diuranato de amônio de pureza nuclear, produzido anteriormente no Instituto de Energia Atômica pela sua Divisão de Radioquímica. O pó de alumínio tem grãos de diâmetro máximo de 100 malhas por polegada e foi importado. As cargas devidamente pesadas foram condicionadas de forma idêntica à já descrita anteriormente para outra composição.

A compactação das cargas condicionadas e pesadas foi feita na matriz desmontável, de forma a assegurar um "cermet" de $32 \times 45 \times 6,10$ mm, em prensa "Farex" de 80 t de esforço máximo. A tabela I reúne os principais dados referentes à produção de alguns dos "cermets" utilizados. Os valores obtidos da densidade aparente correspondem ao intervalo de 85,9 a 87,5% do valor da densidade teórica da carga.

TABELA I - Características dos "cermets" produzidos para os estudos referentes a placas com núcleos múltiplos sob pressão de compactação de 2,5 t/cm²

Exemplar n.º	Massa (g)	Dimensões (mm)	Densidade aparente (g/cm ³)
1	42,060	63,87 × 32,00 × 6,17	3,53
2	41,964	63,87 × 31,95 × 6,18	3,51
3	42,132	63,88 × 31,87 × 6,16	3,56
4	41,585	63,88 × 31,90 × 6,18	3,36
5	41,756	63,88 × 31,88 × 6,12	3,35
6	41,641	63,90 × 31,90 × 6,19	3,37
7	41,707	63,85 × 31,96 × 6,09	3,36
8	41,921	63,85 × 31,88 × 6,13	3,36
9	41,870	63,82 × 31,92 × 6,11	3,36
10	41,720	63,83 × 31,86 × 6,22	3,35
11	41,551	63,88 × 31,88 × 6,17	3,35
12	41,892	63,88 × 31,90 × 6,11	3,36

A pré-sinterização foi realizada em atmosfera de argônio durante 60 minutos a 600°C, os "cermets" sendo para isso dispostos em bofes de grafita. Após o controle de suas dimensões, foram os "cermets" cuidadosamente envolvidos em papel de alumínio e conservados em dessecador até a ocasião da montagem das molduras.

3. MONTAGEM DOS CONJUNTOS DE MOLDURA E LAMINAÇÃO

Os conjuntos destinados à fabricação das chapas por co-laminação eram constituídos de uma moldura com as dimensões já indicadas (fig. 1) e com a espessura de 6,4 mm, e duas tampas, também com dimensões iguais à da moldura e com a espessura de 48 mm, cortadas essas peças de chapas de alumínio 1100, fabricadas para o IEA, sob especificação, por uma companhia local.

A decapagem foi feita por imersão durante um minuto em banho de NaOH, a 10%, à temperatura de 80°C e em solução de HNO₃ a 50% em volume, durante 30 segundos. Montado o conjunto, foi feita a soldagem sob arco elétrico, em atmosfera de argônio, com eletrodo de tungstênio, depositando-se oito filotes de solda em volta dos quatro lados da peça.

As chapas foram produzidas por laminação a quente até 2,60 mm de espessura, e acabadas por laminação a frio, até a espessura de $2,45 \pm 0,02$ mm. Para isso, em forno elétrico

"Combustol", foram os conjuntos carregados e mantidos durante 40 minutos à temperatura de 600°C e a seguir laminados, em seqüência de passes adequada, no laminador de precisão "Stannat-Mann". A seqüência das operações e o controle das reduções já foram descritos em trabalho anterior referente à produção de chapas da mesma natureza.

Por fim, e após exame que comprovou a inexistência de maiores defeitos visíveis na chapa, foram as chapas laminadas a frio, até atingir a espessura desejada.

A Tabela II reúne os principais dados e características referentes aos elementos combustíveis fabricados. Mostram os valores obtidos que ainda são bastante favoráveis os índices Al/U do elemento combustível, muito embora sejam relativamente grandes os valores das áreas ocupadas pelas nervuras. Nessas condições, é de se supor que o enrijecimento estrutural resultante dos "cermets" múltiplos não deva prejudicar muito os característicos nucleares do elemento combustível.

TABELA II — Características de elementos combustíveis planos datados de múltiplos "cermets"

Número de "cermets"	1
Comprimento da chapa (mm)	84,5 ± 0,1
Largura da chapa (mm)	84,5 ± 0,1
Espessura da chapa (mm)	2,45 ± 0,02
Peso da chapa (g)	518,50 ± 0,01
Largura da costela longitudinal (mm)	6,2 ± 0,1
Largura da costela transversal (mm)	12 ± 0,1
Comprimento dos "cermets" deformados (mm)	103,2 ± 0,1
Largura média dos "cermets" deformados (mm)	32,9 ± 0,1
Espessura média dos "cermets" deformados (mm)	0,90 ± 0,01
Espessura média do revestimento (mm)	0,38 ± 0,01
Densidade dos "cermets" (g/cm ³)	3,26 ± 0,01
Porcentagem da densidade teórica	81,9
Densidade média dos "cermets" deformados (g/cm ³)	3,58 ± 0,01
Porcentagem da densidade teórica	89,7
Acréscimo de densidade dos "cermets" (g/cm ³)	0,7
Massa total dos "cermets" (g)	196,71 ± 0,01
U ₂ O ₇ contido (g)	25,03 ± 0,01
U contido (g)	13,63 ± 0,01
Al da chapa (g)	103,27 ± 0,01
Relação U/Al	0,133
Al total na região dos "cermets" (g)	112,95 ± 0,01
Relação U/Al no núcleo	0,263
Al total na região do núcleo (g)	263,53 ± 0,01
Relação U/Al no núcleo, incluindo as costelas	0,174

4. ENSAIOS DE PLACAS COM "CERMETS" MÚLTIPLOS

Ensaio de empolamento — Os ensaios de empolamento visam caracterizar a resistência do material à formação de bôlhas provocadas por aquecimento prolongado e em temperatura rela-

tivamente bastante elevada, em face das condições de operação previstas para o elemento combustível. Nessas condições, quaisquer soluções de continuidade acaso existentes ficam logo evidenciadas, pelo aparecimento de empolamentos na região onde existam tais defeitos.

As chapas produzidas foram submetidas a aquecimento em forno de mufla a 450°C durante uma hora, não tendo sido notadas quaisquer protuberâncias que pudessem ser atribuídas a soluções de continuidade subjacentes ao revestimento.

Radiografias — As radiografias visaram determinar a geometria exata dos "cermets" deformados plasticamente, as eventuais irregularidades que possam ser observadas na distribuição do material, e a presença de trincas ou fissuras que acaso pudessem ter resultado da co-laminação dos conjuntos. As radiografias foram executadas sob raios X de 66 kV e 13,5 mA, utilizando películas DuPont "Cronex II — Medical X-Ray, com exposição de 8 segundos.

As figuras 2 e 3 evidenciam a absoluta regularidade dos bordos laterais e a inexistência de qualquer fissuras ou soluções de continuidade

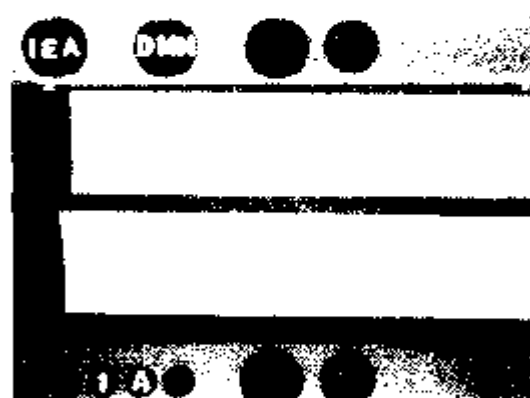


Fig. 2 — Radiografia de uma extremidade de placa produzida a quente no clichê.

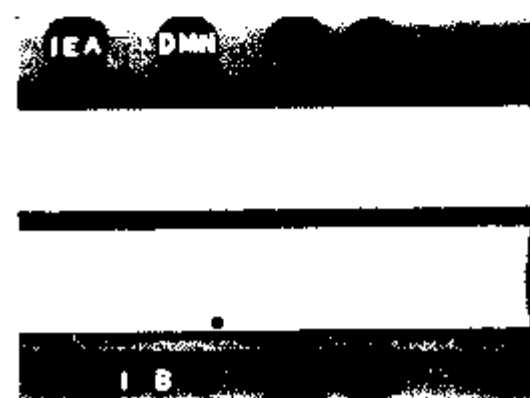


Fig. 3 — Radiografia de outra extremidade de placa produzida a quente no clichê.

no interior. Os gradientes de enegrecimento correspondem a zonas muito delgadas. A figura 4 mostra a região correspondente à nervura central, evidenciando claramente a absoluta regularidade das regiões ocupadas pelos "cermets".

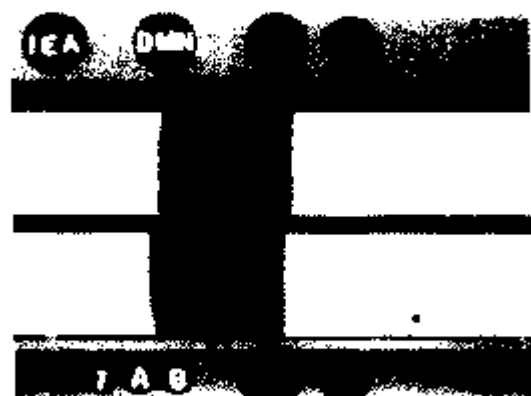


Fig. 4 — Radiografia da região central produzida a partir do núcleo.

Outros cermets — Os excelentes resultados obtidos no que se refere à uniformidade de distribuição dos "cermets" múltiplos, fizeram com que fosse previsto programa de ensaios complementares, a ser desenvolvido posteriormente, visando caracterizar, de forma mais completa, as propriedades novas dos elementos combustíveis produzidos segundo as diretrizes gerais expostas nesta contribuição.

CONCLUSÕES

1. Os estudos experimentais efetuados pelos autores mostraram que o conceito de divisão do núcleo de elemento combustíveis em forma de placa pode ser realizado com relativa facilidade, tendo sido produzidos elementos combustíveis com liga de alumínio-1100 e dotados de 4 "cermets" de 45% UO₂ - 55% Al.

2. Os elementos combustíveis produzidos com a geometria descrita prestam-se a montagem por meio de diversos parafusos de fixação em zona central, sem que tais parafusos atravessassem zonas do núcleo.

3. Nessas condições, resulta, além de considerável enrijecimento estrutural, absoluto confinamento do núcleo, o que impede a possibilidade de qualquer interação com a água, agente moderador e arrefecedor do reator, a não ser em virtude de corrosão ou de defeito do revestimento.

4. A retenção de produtos de fissão deve ser muito facilitada pelo projeto adotado, ao mesmo tempo que reduz-se, correspondentemente à massa de cada "cermet" elementar, a

possibilidade de contaminação, na eventualidade de uma anormalidade que cause a perfuração do revestimento.

5. Os elementos fabricados segundo o projeto descrito devem possuir resistência considerável às deformações que resultem de ciclagem térmica no reator.

6. As radiografias evidenciaram a distribuição absolutamente regular dos "cermets" e das nervuras de reforço, comprovando ainda a perfeita plasticidade dos núcleos.

7. O ensaio de empolamento mostrou que as placas produzidas não apresentaram quaisquer anormalidades.

BIBLIOGRAFIA

1. SOUZA SANTOS, T. D.; HAYDT, H. M. & FREITAS, C. T. — Development Studies for Argonaut Fuel Plates Fabrication. Reunião de estudos sobre a utilização de tecnologias de Investigações, AEEA, seção III, n.º 37, 1-8 nov., 1963.
2. SOUZA SANTOS, T. D.; HAYDT, H. M. & FREITAS, C. T. — Developments in Fuel Fabrication for Research Reactors in Brazil. III United International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy - A/Conf. 28/p.485 - maio, 1964.
3. SOUZA SANTOS, T. D.; HAYDT, H. M. & FREITAS, C. T. — Experimental Studies on the Fabrication of Thin Fuel Plates with UO₂-Al Cermets. III United Nations International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy - A/Conf. 28/p.486 - maio, 1964.
4. SOUZA SANTOS, T. D.; HAYDT, H. M. & FREITAS, C. T. — Fabricação de Elementos Combustíveis para o Reator Argonauta, do Instituto de Engenharia Nuclear. METALURGIA, v. 21, n.º 99, p. 369 a 376, maio, 1965.
5. SOUZA SANTOS, T. D.; HAYDT, H. M. & FREITAS, C. T. — Principais Características Metalúrgicas dos Elementos Combustíveis Produzidos para o Reator Argonauta, do Instituto de Engenharia Nuclear. METALURGIA, v. 21, n.º 97, p. 366/377, dezembro 1965.
6. SOUZA SANTOS, T. D.; HAYDT, H. M.; FREITAS, C. T.; GENTILE, E. F. & CINTRA, S. H. L. — Características de Placas Delgadas para Elementos Combustíveis Contendo Dispersões de UO₂-Al. METALURGIA, v. 21, n.º 100, p. 935-940, dezembro, 1965.
7. CAPOCCHI, J. D. T.; CINTRA, S. H. L. & GENTILE, E. F. — Estudo Experimental de Fabricação de Elementos Combustíveis Planos Contendo Núcleos de Cermets. Apresentado no XXII Congresso Anual da ABM (a ser impresso), julho, 1967.

DISCUSSÃO

O. WORTMAN (1) — A diferença de coeficientes de dilatação entre os pinos poderá ser causa de deformação do elemento combustível sujeito a ciclagem térmica?

— —

(1) Pesquisador da Divisão de Metalurgia da Comissão Nacional de Energia Atômica da República Argentina, Buenos Aires.

S. H. LEITE CINTRA (2) — Não dispomos de dados experimentais, porquanto não realizamos ensaios de ciclagem térmica.

T. D. DE SOUZA SANTOS (3) — Não foram realizados ensaios de ciclagem térmica até a data presente. Desejo observar, entretanto, que o projeto baseado na idéia que desenvolvemos, de múltiplos "cerinets" visa melhor comportamento em serviço no reator do que o do projeto clássico dos reatores "Argonorda" e similares, em que cada placa contém um único "cermet".

P. G. PAULA LEITE (4) — Ninguém mais deseja discutir o trabalho apresentado, congratulo-me novamente com o Instituto de Energia Atômica de São

Paulo, pela excelência das contribuições que enviou ao nosso XXII Congresso Anual da ABM, e em particular com a Divisão de Metalurgia Nuclear, chefiada pelo Prof. Tharciso Dany de Souza Santos, também Diretor da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, que nos traz mais uma vez uma coleção daqueles excelentes trabalhos que nos habituámos a ouvir em Congressos anteriores.

Desejo igualmente congratular-me com o Departamento de Metalurgia da Comissão Nacional de Energia Atômica da República Argentina e com os autores das contribuições apresentadas nesta sessão.

O WÖRTMAN — Em nome da Comissão Nacional de Energia Atômica da República Argentina, quero agradecer as palavras do Sr. Presidente e dizer que, para nós, já é uma tradição vir aos Congressos da ABM, que consideramos um intercâmbio de conhecimentos dos mais frutíferos para nós. Pensamos em prosseguir no futuro com essa tradição, pois os Congressos da ABM são um acontecimento anual que consideramos como nosso. Mais uma vez agradecemos e declaramos que são recíprocos os nossos sentimentos para com os brasileiros que vão à Argentina.

(2) Membro da ABM e co-Autor da CT Engenharia Metalúrgica e Nuclear, da Divisão de Metalurgia Nuclear, Instituto de Energia Atômica, São Paulo, SP.

(3) Membro da ABM e Chefe da Divisão de Metalurgia Nuclear de IEA, São Paulo.

(4) Membro da ABM e na presidência da Comissão "CT" Professor e Engenheiro do Arsenal da Marinha, Rio de Janeiro, GR.