

申請日期	91. 4. 19
案 號	9 1 1 0 8 1 2 5
類 別	G21F5/0

A4
C4

552590

(以上各欄由本局填註)

發 明 專 利 說 明 書		
一、發明 名稱	中 文	放射性物質儲藏構件之製造方法及擠壓成型用丸粒
	英 文	METHOD OF MANUFACTURING A RADIOACTIVE-SUBSTANCE STORAGE MEMBER, BILLET FOR USE IN EXTRUSION OF THE SAME, AND SQUARE PIPE
二、發明人 創作	姓 名	1.大園 勝成 KATSUNARI OHSONO 2.村上 和夫 KAZUO MURAKAMI 3.坂口 康弘 YASUHIRO SAKAGUCHI
	國 籍	均日本 JAPAN
住、居所	住、居所	1.2.均日本國兵庫縣神戶市兵庫區和田崎町一丁目1番1號三菱重工業股份有限公司神戶造船所 C/O KOBE SHIPYARD & MACHINERY WORKS, MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD., 1-1, WADASAKI-CHO 1-CHOME, HYOGO-KU, KOBE, HYOGO-KEN 652-8585, JAPAN 3.日本國兵庫縣高砂市荒井町新濱2丁目1番1號三菱重工業股份有限公司高砂研究所 C/O TAKASAGO RESEARCH & DEVELOPMENT CENTER, MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD., 1-1, ARAI-CHO SHINHAMA 2-CHOME, TAKASAGO, HYOGO-KEN 676-8686, JAPAN
	代 表 人 姓 名	西岡 喬 TAKASHI NISHIOKA
三、申請人	姓 名 (名 稱)	日商三菱重工業股份有限公司 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.
	國 籍	日本 JAPAN
住、居所 (事務所)	住、居所 (事務所)	日本國東京都千代田區丸之內2丁目5番1號 5-1, MARUNOUCHI 2-CHOME, CHIYODA-KU, TOKYO 100-8315, JAPAN
	代 表 人 姓 名	西岡 喬 TAKASHI NISHIOKA

申請日期	
案 號	
類 別	

A4
C4

(以上各欄由本局填註)

發 明 專 利 說 明 書		
一、發明 新 型 名 稱	中 文	
	英 文	
二、發明 創 作 人	姓 名	4.小林 敏郎 TOSHIRO KOBAYASHI 5.安井 豐明 TOYOAKI YASUI
	國 籍	均日本 JAPAN
	住、居所	4.5.均日本國廣島縣廣島市西區觀音新町四丁目6番22號三 菱重工業股份有限公司廣島研究所 C/O HIROSHIMA RESEARCH & DEVELOPMENT CENTER, MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD., 6-22 KAN-ON-SHIN-MACHI 4-CHOME, NISHI-KU, HIROSHIMA, HIROSHIMA-KEN 733-8553, JAPAN
	姓 名 (名 稱)	
三、申請人	國 籍	
	住、居所 (事務所)	
	代 表 人 姓 名	

裝
訂
線

(由本局填寫)

承辦人代碼：
大類：
I P C 分類：

A6
B6

本案已向：

國（地區） 申請專利，申請日期： 案號： ，☐有 ☐無主張優先權

日本 2001年04月19日 特願2001-121799 ☒有☐無主張優先權

有關微生物已寄存於： 寄存日期： ，寄存號碼：

裝
訂
線

五、發明說明(1)

[發明的技術領域]

本發明係收容、儲藏已經完成燃燒之已使用核燃料集合體者，關於構成桶及架之放射性物質儲藏構件的製造方法及擠壓成型用丸粒、及收容已使用燃料集合體之角管。

[先前技藝]

已達核燃料周期之結束時期，無法使用於燃燒之核燃料集合體，就稱為已使用核燃料。現在，已使用核燃料至執行再處理為止，都以儲藏設施實施儲藏管理。例如，利用燃料池之儲藏方法中，會將細成束之SUS架沈入池內，已使用燃料集合體儲存於該角管內，可滿足冷卻效果、屏蔽效果、未臨界性等要求。

近年來，開始使用在不銹鋼材添加硼者來充當構成架之角管。使用此種角管，因可省略配置於角管間之中子吸收材，故角管間無需保留間隙。因此，池槽內可插入之角管的管數可以增加，可增加該部份之已使用燃料集合體之收容數。

[發明所欲解決之問題]

此種角管雖然可應用於桶、臥式筒倉、池、板等各種儲藏方式，但即使在構成架上，因需要生產很多數量，故要求有效率之角管生產技術。又，因必須吸收已使用燃料集合體產生之中子，故要求角管之構造具健全性。

角管係儲藏已使用燃料集合體時所使用之物，除了該角管式架以外，尚有平板式架為人所知，對此種平板式架亦要求有效率之生產性及構造之健全性。本發明即關於此種

五、發明說明(2)

角管等之製造方法。

[解決問題之手段]

為了達成前述目的，本發明之放射性物質儲藏構件製造方法係製造儲藏放射性物質之構件，其特徵則含有混合鋁粉末及中子吸收材粉末的步驟、以對混合粉末進行加壓來實施預成型體之成型的步驟、以及在無加壓狀態下實施預成型體之真空燒結、或在鈍氣環境下實施預成型體之燒結的步驟。

將鋁粉末及中子吸收材粉末混合，並最好以冷靜液壓成型法(CIP: Cold Isostatic Press)等實施預備成型。利用預備成型，可以降低成型密度之誤差。另外，對預成型體實施無加壓下之真空燒結、或鈍氣環境中之燒結。小型預成型體時，亦可採真空熱壓。利用此方式，可以和HIP(Hot Isostatic Press)時相同，無需實施外殼密封，故真空燒結後不必實施外形研磨等之機械加工。另外，不必如熱壓時必須置入模具內進行沖壓。所以，可大幅減少加工步驟，丸粒之製造亦更為容易。此外，已使用燃料儲藏構件之方面，例如，可以列舉構成桶之角管、或構成平板式架之板狀構件。

同時，本發明之放射性物質儲藏構件製造方法係製造儲藏放射性物質之構件，其特徵則含有混合鋁粉末及中子吸收材粉末的步驟、以對混合粉末進行加壓來實施預成型體之成型的步驟、在無加壓狀態下實施預成型體之真空燒結或在鈍氣環境中或以真空熱壓實施預成型體之燒結並使其

五、發明說明 (3)

成為丸粒的步驟、利用感應加熱手段對丸粒進行加熱的步驟、以及以擠壓模對經感應加熱之丸粒實施擠壓成型且實施構成已使用燃料集合體儲藏用容器之角管或板材成型或是插入已使用燃料之導管內的棒體成型的步驟。

最好以冷靜液壓成型法或冷單向加壓實施預成型體之成型，增加預成型體之重量密度。在此狀態實施無加壓下之真空燒結、或鈍氣環境中之燒結，使粉體與粉體產生融著，提高預成型體整體之導電性。利用此方式，感應電流可以比較容易流過預成型體，而使感應加熱更有效率。

同時，本發明之放射性物質儲藏構件製造方法係製造儲藏放射性物質之構件，其特徵則含有混合鋁粉末及中子吸收材粉末的步驟、以對混合粉末進行加壓來實施預成型體之成型的步驟、在無加壓狀態下實施預成型體之真空燒結或在鈍氣環境中實施預成型體之燒結並使其成為丸粒的步驟、以及以真空燒結時之熱實施擠壓成型並實施構成已使用燃料集合體儲藏用容器之角管或板材成型或是插入已使用燃料之導管內的棒體成型的步驟。

前述利用燒結時之熱實施熱擠壓，消除再加熱之必要性。所以，可以使放射性物質儲藏構件之製造更為簡易化。且，本發明在前述燒結步驟及擠壓步驟在相近之生產線實施會十分有效，但只要可以利用真空燒結時之熱，兩步驟之生產線距離較遠亦沒有問題。

此外，本發明之放射性物質儲藏構件製造方法係前述放射性物質儲藏構件之製造方法，其特徵則是前述預成型體

五、發明說明(4)

之重量密度為75%以下、95%以下。

重量密度為75%以下、95%以下時，因真空燒結會使粉末間產生融著，在擠壓步驟之搬運作業中等亦不會產生龜裂。因此，以該範圍之重量密度實施預成型者，可在健全狀態下實施角管及板材之擠壓。又，重量密度係指以物體重量除以體積。

此外，本發明之放射性物質儲藏構件製造方法係前述放射性物質儲藏構件之製造方法，其特徵則係使用機械合金成份來實施前述混合。中子吸收材--例如硼或硼化合物之平均粒徑若小至數 μm 左右，發現在混合時會凝集而產生偏析。因此，通常之燒結會使用平均粒徑十餘 μm 以上之硼或硼化合物。然而，平均粒徑增大時，已使用燃料儲藏構件之韌性會降低。

因此，本製造方法以機械合金成份來混合鋁粉末及中子吸收材粉末。該機械合金成份可使用各種球磨裝置。球磨可使鋁粉末陸續折疊，並變成扁平形狀。中子吸收材則利用球磨實施粉碎，使其平均粒徑遠小初期之平均粒徑，並分散混入鋁基體中。利用此方式，可以使中子吸收材更為微細化並獲得均一分散，同時，利用研磨劑和鋁粉末反應而產生極微細鋁化合物，可以提升已使用燃料儲藏構件之機械強度。

本發明之放射性物質儲藏構件製造方法係前述放射性物質儲藏構件之製造方法，其特徵則在機械合金成份上更使用球磨，同時，使用以預定添加於試料內之元素為主成份

五、發明說明(5)

的球，利用球磨中之球磨損在前述鋁基體中實施前述球元素之添加。

實施球磨，球間之互相衝擊會使該球體磨耗，其成份會混入粉體。故使用以本來預定添加之元素為主成份的球體，因球體之磨損而實施元素添加。利用此方式，可以減少製造步驟之程序。

此外，本發明放射性物質儲藏構件製造方法係前述放射性物質儲藏構件之製造方法，其特徵則為在前述擠壓成型之後，更含有使構成已使用燃料集合體儲藏用容器之角管或板材或插入已使用燃料之導管內的棒體保持擠壓狀態、或是實施自然老化的步驟。

而本發明之放射性物質儲藏構件的擠壓成型用丸粒，其特徵則是以重量密度為75%~95%之鋁粉末及中子吸收材粉末的混合粉末實施成型者，且粉末間係以燒結來融著。

冷預成型狀態下，粉末間不會產生融著且導電性較低，但對其實施真空燒結，則可使粉末間產生融著，並使感應電流流過丸粒整體。因此，因可以提高丸粒之感應加熱速度、且可實施均一加熱，可使放射性物質儲藏構件之製造步驟更為簡易化。75%~95%之重量密度已很充足，且燒結可使粉末間產生融著，故在擠壓成型步驟之搬運作業中等不會產生龜裂等，而可實施健全之擠壓成型。此外，擠壓成型時會擠壓空隙而變成將近100%之重量密度，故燒結時無需提高重量密度。

本發明之放射性物質儲藏構件之擠壓成型用丸粒，其特

五、發明說明 (6)

徵則是利用機械合金成份使鋁粉末扁平化，並使粉碎之硼或硼化合物滲入該鋁粉末而形成之分散混合粉末的重量密度為75%~95%，然後實施成型者，且粉末間係以燒結來融著。

利用此種燒結中子吸收材粉末之方法，可以防止中子吸收材粉末在燒結時產生凝集。因係以機械合金成份使硼粉碎成微細狀並使其滲入分散於鋁粉末內，故利用相關粉末製造之放射性物質儲藏構件具有優良機械強度。

本發明之放射性物質儲藏構件之擠壓成型用丸粒，係被使用為已使用核燃料之儲藏或運送用容器的構造材料，其特徵則是前述鋁粉末含有以附加高強度性為目的之Zr等添加元素。

本發明之收容已使用燃料集合體的角管，其特徵則是以冷靜液壓成型法或冷單向加壓對鋁粉末及中子吸收材粉末之混合粉末實施成型所獲得之預成型體，在無加壓狀態進行真空燒結並將其當做丸粒，且以感應加熱手段對此丸粒進行加熱並實施擠壓成型。

[發明之實施形態]

以下係針對本發明相關之放射性物質儲藏構件製造方法及擠壓成型用丸粒的實施形態，以參照圖面來實施詳細說明。又，本發明並非限定為此實施形態。

(實施形態1)

[角管之構造]

圖1係角管之斷面圖。此角管1之斷面為正方形，其構成

五、發明說明 (7)

上係為在Al或Al合金粉末添加具中子吸收性能之B或B化合物粉末的鋁複合材、或鋁合金。中子吸收材方面，除了硼以外，尚可使用鎘、鉛、及稀土元素等中子吸收斷面積較大者。為沸水反應器(BWR)時，主要使用B或B化合物，而為加壓水反應器(PWR)時，則使用Ag-In-Cd合金。使用B當做分散型材料時，為了容易加工，最好為為7 wt%以下。又，Ag-In-Cd合金之組成上，一般In為15 wt%、Cd為5 wt%。稀土元素則可使用銻、鎢、釷、釷等之氧化物。

[角管之製造方法]

接著，針對角管1之具體製造方法的一個實例進行說明。圖2係本發明實施形態1相關之角管製造方法的流程圖。首先，以霧化法等之急冷凝固法製造Al或Al合金粉末(步驟S201)，同時準備B或B化合物粉末(步驟S202)，將此兩種粒子以橫向滾筒攪拌機、V攪拌機、螺旋葉片式攪拌機、及葉片攪拌機等實施10~20分鐘之混合(步驟S203)。又，亦可在氬氣環境下混合。使用之鋁粉末平均粒徑為35 μm、B4C平均粒徑為10 μm左右。

可以當做基材使用之Al或Al合金粉末，除了純鋁材(JIS 1xxx系列)、Al-Cu系鋁合金(JIS 2xxx系列)、Al-Mg系鋁合金(JIS 5xxx系列)、Al-Mg-Si系鋁合金(JIS 6xxx系列)、Al-Zn-Mg系鋁合金(JIS 7xxx系列)、Al-Fe系鋁合金(Fe含有率為1~10 wt%)以外，尚有如Al-Mn系鋁合金(JIS 3xxx系列)等，可對應強度、延展性、加工性、及耐熱性等必要特性來進行選擇，並未特別限定。

前述B或B化合物粉末可使用B4C及B2O3等。此時，對

五、發明說明(8)

鋁之硼添加量最好為1.5 wt%以上、9 wt%以下。1.5 wt%以下時，無法獲得充份之中子吸收性能，超過9 wt%時，相對於拉伸之延伸則會減少。

其次，將混合粉末密封於橡膠盒內，在常溫下以CIP(Cold Isostatic Press)從所有方向施加均一高壓，實施粉末成型係最佳的方法(步驟S204)。CIP之成型條件方面，成型壓力為 $1000 \text{ kg/cm}^2 \sim 2000 \text{ kg/cm}^2$ 。經過CIP處理，粉狀體之體積減少約2成，使該預成型體之直徑為600 mm、長度為1500 mm。以CIP從所有方向實施均一壓力，可獲得成型密度誤差較小之高密度成型品。此外，CIP步驟中，實施使預成型體之重量密度成為75%~95%的成型。

此外，可以使用之加壓方法方面，亦可以單向高壓沖壓取代前述CIP來實施預成型體之成型。具體而言，將前述混合粉末置入組裝於加壓機之模具內，以5000 ton至10000 ton之高成型壓力實施預成型體之成型。以此種極高壓力之沖壓，可以使預成型體之成型密度均一化。此成型密度之均一化程度，最好應和利用前述CIP步驟所獲得之密度大致相同，此時，只要以目的成型密度為基準來決定前述成型壓力即可。又，和CIP比較，因只需將混合粉末置入橡膠盒內而不必抽成真空，故只需將混合粉末置入模具內並壓實即可，可以獲得相對較簡單之預成型作業。又，預成型體之成型方法並不限定為前述CIP、單向沖壓。

其次，將預成型體置入燒結爐內並抽出真空，在無加壓狀態下實施燒結(步驟S205)。真空燒結時之真空度為 10^{-1}

五、發明說明(9)

Torr程度、溫度為 $550^{\circ}\text{C} \sim 600^{\circ}\text{C}$ 。燒結溫度之維持時間應適度設定為5小時 $\sim$ 10小時之間。此時，燒結溫度方面，應在持續脫氣下以 100°C 間隔實施階段昇溫。使用設於燒結爐內之石墨加熱器進行加熱。假設此真空燒結使變硬之粉末間產生融合並形成軋頸，即成為擠壓用丸粒。另外，亦即以充填氫氣或氮氣等鈍氣來取代將燒結爐內抽成真空，並在無加壓狀態實施燒結。燒結溫度及時間等條件和前述相同。

前述方法中，因在燒結時並非實施類似HIP或熱壓之加壓，故燒結體之重量密度幾乎和預成型時相同，而維持於75% $\sim$ 95%之狀態。因利用真空燒結防止丸粒之氧化且可省略外殼密封，除了可節約外殼費用，亦不需要除去外殼之外形研磨及端面研磨等研磨步驟，同時亦可省略伴隨之外殼封入等製造步驟。

接著，使用舌形擠壓機對該丸粒實施熱擠壓(步驟S206)。此時之擠壓條件，加熱溫度為 $500^{\circ}\text{C} \sim 520^{\circ}\text{C}$ 、擠壓速度為5 m/min。又，此條件可依B之含量實施適度變更。舌形擠壓機之擠壓力為5000 ton $\sim$ 6000 ton。圖3係舌形擠壓機之擠壓模構造圖，該圖之(a)為軸方向斷面圖、(b)為直徑方向斷面圖。舌形擠壓機300有擠壓模301、模體302、及設置於模體302之周圍的感應加熱用高頻線圈303。RF電流流過高頻線圈303，可對擠壓模301內之丸粒B實施感應加熱。擠壓模301由陰模304及陽模305構成，陽模305之頂杆306插入陰模304，形成擠壓形狀為四角形之支座307。

五、發明說明 (10)

頂杆306以由陽模305之周圍伸展出來之4支橋架308支撐，橋架308間會形成4個舟皿309。

前述感應加熱係使丸粒B產生感應電流來實施加熱，但因加熱對象之丸粒B在前述真空燒結步驟已使各混合粉末處於融合狀態，故丸粒B整體會產生感應電流，而可以有效率地加熱。實際上，以CIP製成2個重量2510 g、尺寸 ϕ 89 mm $\times$ 175 mm、體積1100 mm³、相對密度85%之預成型體做為試料，只對其中一方實施真空燒結並進行兩者之比較。結果，只以CIP壓實之試料的導電性為7%，而實施真空燒結之試料則有5倍以上之37%的導電性。

對此試料實施感應加熱時，實施真空燒結之試料溫度會依感應加熱之昇溫計劃(以200℃/min上昇至520℃後，維持一段固定時間)上昇，試料之邊緣部、中間部之表面及內部中心的溫度誤差較小，可知任何位置有大略一致之溫度上昇。另一方面，只以CIP壓實之試料，則無法依昇溫計劃昇溫，昇溫速度只有50℃/min程度。由此可知，導電性之提升和擠壓時之感應加熱時間相關，實施如本發明之真空燒結，可以獲得依據昇溫計劃之溫度上昇。結果，真空燒結可大幅提高感應加熱之效率，並獲得增加丸粒之擠壓速度的優點。

所以，在模體內接受感應加熱之丸粒B，會被來自後方之沖頭擠壓，會被橋架308分割成4部份並通過舟皿309。接著，從舟皿309至支座307為止會再度被一體化，並以支座307將其擠壓成規定之擠壓形狀的角管1。此時，丸粒B

五、發明說明 (11)

之重量密度雖然為75%~95%，但擠壓成型使角管1之重量密度因擠壓時粉末粒子間空隙被填滿而將近100%。

接著在擠壓成型後實施拉伸矯正(步驟S207)，同時切斷非定常部及評估部而成為製品(步驟S208)。如圖1所示，完成之角管1係斷面一邊為162 mm、內側為151 mm之四角形。又，前述製造步驟對丸粒之成型步驟及擠壓步驟在不同場所實施、或是間隔一段時間才實施都有效。

如真空燒結生產線及擠壓生產線連續之製造生產線等，真空燒結步驟及擠壓步驟之實施時間接近時，因為真空燒結時溫度會上昇至550℃~600℃，完成燒結後，至少在擠壓溫度500℃以上之熱區域插入模體內並直接實施擠壓亦可。具體而言，從真空爐內取出丸粒，在此丸粒溫度未下降前搬運至擠壓機。接著，以擠壓機實施角管1之擠壓成型。又，加熱後之丸粒即使曝露在空氣中，在短時間內幾乎可以完全忽視氧化的影響，故幾乎不會對角管1之性能產生影響。最好在從真空爐內取出丸粒後15分鐘以內實施擠壓，則氧化影響幾乎不會形成問題。採上述方式，因感應加熱而無需再對丸粒進行加熱，故可更進一步簡化製造步驟。

此時，也因利用真空燒結防止丸粒之氧化且可省略外殼密封，除了可節約外殼費用，亦不需要除去外殼之外形研磨及端面研磨等研磨步驟，同時亦可省略伴隨之外殼封入等製造步驟。此外，以不會降低真空燒結時之溫度而暫時或短時間保存於保溫箱內，在至少不低於500℃之溫度區

五、發明說明 (12)

域將丸粒移至擠壓機之模體內亦即。此時，真空燒結生產線及擠壓生產線即沒有連續之必要，即使實施場所分離亦不會形成問題。真空燒結生產線及擠壓生產線之距離愈小、丸粒之搬運時間愈短，則當然和前面一樣，可以真空加熱之熱來實施擠壓成型。另外，利用擠壓前之鍛造等熱加工來提高丸粒之燒結密度亦可。

上述實例之擠壓機，係使用壓縮率高、適合鋁等軟材質之複雜形狀擠壓的舌形擠壓機，但不限定一定要使用此種機械。例如，亦可採用固定或移動頂杆方式。此外，直接擠壓以外，亦可以實施靜液壓擠壓，當事者可在可能範圍內實施適當的選擇。此外，雖然生產效率較低，但亦可以在加熱爐內對丸粒實施分批處理來取代前述感應加熱。

(實施形態2)

在前面，構成角管1之材料係採用添加硼之鋁合金。此時，添加元素之B4C的平均粒徑較大，則角管1之強度會降低，另一方面，B4C之平均粒徑愈小，則B4C間會產生凝集並出現偏析，故產生中子吸收生能降低及加工性惡化。如前面所述，Al粉末之平均粒徑為80 μm 、B4C粉末之平均粒徑為9 μm ，將該B4C之粒徑設定為9 μm ，係因為若將粒徑設定為更小時，B4C粉末容易產生凝集並出現偏析。所以，實施形態2以高能量球磨(機械合金成份)取代前述實施形態1之混合機，追求B4C粉末之微細化及均一分散化。

該高能量球磨雖可使用一般之轉動銑床、搖動銑床、及

五、發明說明 (13)

超微粉碎機銑床，下面將以超微粉碎機為例。圖4係本發明實施形態2相關之角管1製造方法使用之超微粉碎機銑床的構造圖。超微粉碎機銑床30之容器31採用150公升之容量者。該容器31之壁內形成冷卻水套32。以泵等給水器33對冷卻水套32內供應適量的冷卻水。超微粉碎機34經由減速機36和配置於上方之驅動馬達35結合。為了對容器31內充填鈍氣氬(Ar)，在容器31之上方設置流入口37及流出口38。流入口37連接著氬氣之氣泵39，流出口38則連接置於水中之管子40，防止大氣逆流。又，此球磨使用之球41係以碳鋼為基本之軸承鋼(SUJ-2)或陶瓷球。

其次，實際製造高能量粉末時之條件，置入前述容器31內之球41量為450 kg，該球41之直徑為3/8英吋。超微粉碎機34之轉數為300 rpm，並連續流入0.5公升/min之氬，使容器31內形成鈍氣環境。另外，在球磨前，以粉末1 kg對10~50cc之比例投入乙醇或甲醇當做助磨劑。投入前述容器31內之粉末量為15 kg。其中，B4C之投入量為0.75 kg (5 wt%)。此外，使用之Al粉末為平均粒徑35 μm 之物，B4C粉末則使用平均粒徑9 μm 之物。球磨時間則在1小時至10小時之範圍內實施適度選擇。

球磨之過程中，投入之鋁會承受球41之衝擊而粉碎並折疊而成扁平狀。所以，鋁之外徑會朝面方向擴大而達到80 μm 程度。另一方面，B4C粉末會被球磨破碎，而變成0.5~1.0 μm 之較小粒徑，同時均一地滲入鋁基體中。

在球磨過程中，因球41間之衝突而使該球41磨損，其成

五、發明說明 (14)

份會以雜質方式混入。所以，亦可使球41之成份含有預定以雜質形式添加之元素，而在球磨過程中添加該元素。此元素可以為如氧化鋯、氧化鋁等。結束球磨後，從容器31內取出高能量粉末，進入熱壓步驟、擠壓步驟，實施圖1所示之角管1的成型。

如上，利用此角管1之製造方法，可以使B4C粉末微細化、及均一化地分散至Al粉末之基體內，故可提高角管1之強度。具體而言，和利用前述實施形態1方法所得之角管1相比，其強度約可提高1.2~1.5倍。對已使用燃料集合體之重量較大之PWR用桶的角管尤其有效。更因能使具高硬度之B4C粉末更微細且更均一地分散於基體中，可防止B4C粉末之凝集，而可提高擠壓性。所以，亦有減少擠壓用擠壓模磨損之效果。

又，實施球磨時，亦可投入乙醇等有機溶劑，利用此方式添加有機溶劑及鋁之化合物，亦可提高角管1之強度及延展性的效果。

(實施形態3)

其次，收容已使用燃料集合體之架，可以平板式取代前述角管式。圖5係平板式架之斜視圖。此平板式架60，首先，對以前述實施形態1或2製造方法製造之丸粒實施擠壓，使其成型為寬300 mm~350 mm程度之板狀構件61。接著，在各板狀構件61上連續設置複數之切口62。以切口62將此板狀構件61以縱橫交錯方式接合，形成格狀斷面。又，此平板式架60時，因板厚小於前述角管式，故使分散於

五、發明說明 (15)

鋁中之硼具有較多的量。此平板式架60可使用於桶或已使用燃料池之架等。

又，圖上雖然未標示，但可利用前述實施形態1或2製造方法實施板狀體之成型，此板狀體不但可用於平板式架60，亦可用於低級廢棄物之搬運容器的構件。

(實施形態4)

前述實施形態1或2中，利用將硼分散於角管1來附與中子吸收性能，防止已使用燃料集合體達到臨界狀況。此實施形態4不使用角管1，而是實施可吸收已使用燃料集合體之中子的圓棒構件成型。圓棒構件70係插入圖6所示之已使用燃料集合體71控制棒群導管72(或量測)內。由於插入該圓棒70可確保預定之中子吸收性能，故無於角管1分散大量之硼之必要。此圓棒構件70之製造上，因只有最終之擠壓步驟的擠壓模形狀不同而已，故可採用前述實施形態1或2之製造方法。

(實施形態5)

為附與高強度而添加於前述鋁粉末之元素，最好採用Zr、Ti等。此時，Zr之含有量應為0.2 wt%以上、2.0 wt%以下，若能為0.5 wt%以上、0.8 wt%以下更好。Ti之含有量應為0.2 wt%以上、4.0 wt%以下。又，亦可同時添加Zr及Ti雙方。添加Zr及Ti等，不但可提高拉伸特性等機械性質，亦可獲得高加工性。所以，此鋁複合材可使用於如已使用核燃料之儲藏或搬運用容器的構造材料、原子能相關設備之構造構件。

Zr及Ti之添加量在前述範圍內之理由如下。亦即，Zr時，0.2 wt%以下時提升強度效果較小，相對地，超過2.0 wt%

五、發明說明 (16)

則延展性及韌性會降低且強度提高效果亦達到飽和。Ti時，0.2 wt%以下時無法獲得充份之提升強度效果，若含有量超過4.0 wt%則不易形成微細金屬間化合物，容易使韌性降低，且強度提高效果亦有達到飽和之傾向。又，Zr或Zr化合物採用如海棉狀之物。Ti或Ti化合物亦相同。

擠壓成型後之成型品，必要時應實施熱處理。例如，使用Al-Mg-Si系Al合金粉末為基材時應實施JIS之T6處理、使用Al-Cu系Al合金粉末為基材時亦相樣應實施T6處理，但使用純Al或Al-Fe系Al合金粉末為基材時，則不需要熱處理，此時，應實施JIS之T1處理或H112處理。

相對於以附與高強度而添加添加元素之方式，實施T1處理或H112處理，可使已使用核燃料之儲藏或搬運用容器構造材料更適合高溫下之長期保存。相對於此，實施人工老化處理(T6處理等)，則必須考慮因過時效而導致強度降低，想要成為適合高溫下長期保存之物是極為困難的事。

首先，此實施形態相關之鋁複合材係最適合已使用核燃料之儲藏或搬運用容器的構造材料，其理由如下，儲藏或搬運已使用核燃料時必須將其存放於具有可屏蔽來自己使用核燃料之放射能的機能之容器，假設當該容器在儲藏設施內之儲藏期間因某種原因而傾倒、或該容器在搬運途中由搬運車輛上掉落時等意外事故，若相關意外事故中儲藏或搬運用容器之構造材料產生損傷，則必然會因無法吸收儲藏之已使用核燃料的中子而造成事故。具體而言，如下面所述之容器桶的構造時，該桶通常具有可插入儲藏已使

五、發明說明 (17)

用核燃料集合體之格狀巢室，若是BWR燃料時，則已使用燃料集合體之重量更達150 kg以上，若儲藏50支以上之此種已使用核燃料集合體時，當桶掉落或傾倒，會使容器承受相當大的衝擊。因此，要求容器必須具有可充份承受重大衝擊之機械性質。

同時，容器亦必須具有儲藏已使用核燃料、並吸收該已使用核燃料放射之中子的能力。一般而言，中子吸收材大都採用B或B化合物，通常會將此B或B化合物混入鋁母材中，將其當做中子屏蔽材。使用此種含有B或B化合物之鋁材構成桶容器時，必須要求容器本身同時具有中子吸收性能、及構件之機械強度雙方。

其次，已使用核燃料儲藏於容器內之儲藏期間長達60年程度，而且，因為已使用核燃料之衰變熱而使容器內部長期處於高溫狀態(具體而言，150℃以上)，而使內部之鋁複合材長期處於高溫環境下。此時，因過時效，使構造材料之機械強度隨著時間的經過而降低，例如，30年後或40年後，儲藏中發生傾向或搬運中掉落等事故時，因無法承受該衝擊而使構造材料受損，可能引發臨界狀況事故等。因此，已使用核燃料之儲藏或搬運用容器要求之材料，係即使長期處於高溫環境下，其機械性能不易產生變化、且可維持初期性質。

故，本實施形態之鋁複合材的主要目的係，機械性質在長期高溫環境下使用時亦不會變化，因此，對Al或Al合金母相中實施由具有中子吸收性能之B或B化合物所構成之

五、發明說明 (18)

材料的加壓燒結，而此經過加壓燒結之物則不實施人工老化處理或是否實施自然老化(含T1處理)，而為完成擠壓之狀態。例如，構成下述桶容器之角管，在對經加壓燒結之丸粒實施擠壓後，即保持原狀或實施自然老化。因未實施人工老化處理而不會產生過時效，雖然初期強度較低，但長期曝露於高溫環境下亦不會產生機械強度降低的情形。

又，若只實施自然老化，則可能產生以構造材料而言之機械強度不足的情形，故以附與高強度為目的使其含有添加元素，可提升鋁複合材之強度水準。利用此方式，終於可獲得具有充份機械強度、且長期高溫環境下亦不會產生強度降低之材料，此種鋁複合材最適合使用於已使用核燃料之儲藏或搬運用容器的構造材料。

實施此鋁複合材之特性試驗。此試驗中，分別在180℃、100小時時、200℃、100小時時、及350℃、100小時時，對特定試驗片實施0.2%耐力(MPa)、拉伸強度(MPa)、及斷裂拉伸(%)之拉伸試驗，此試驗係假設前2者為剛剛儲藏已使用核燃料者、後者則為已使用核燃料已儲藏60年者。又，關於後者，因無法實際實施60年期間之試驗，故為模擬200℃高溫環境下之60年長期保存，而以350℃之溫度加速來執行試驗。將剛剛儲藏已使用核燃料時及已儲藏60年時進行比較，結果發現，0.2%耐力(MPa)、拉伸強度(MPa)、及斷裂拉伸(%)之任一項都幾乎沒有變化，且機械特性也沒有改變。

相對於此，準備實施T6處理者、實施T1處理(自然老化)

五、發明說明 (19)

者、及保持擠壓狀態者做為試驗片進行試驗，可以確認實施T6處理之試驗片很容易受到溫度上昇之影響。亦即，實施T6處理之複合材長期使用於高溫環境下，會受到容器內部之溫度上昇的影響，而使構造材料之機械特性劣化。

其次，此鋁複合材未實施熱處理時，因很難提高機械強度，想要將其當做構造材料使用，則其本身需要有相當的機械強度。本實施形態之鋁複合材，就以添加以附與高強度為目的之添加元素來彌補機械強度上的不足。又，此處所謂之添加元素，係指不實施熱處理而以補足強度不足為目的而添加之物，和一般針對純鋁實施之元素添加作業的目的並不相同。

含有添加元素之鋁複合材，在室溫環境下使用時、及相當於60年之高溫環境下使用時(請參照前面說明)實施拉伸試驗，結果發現，0.2%耐力及拉伸強度都提高，而斷裂拉伸則降低若干，且連相當於60年保存之各數值都幾乎沒有很大的變化，故確認可維持機械性質。

基於上述，實施此種T1處理(自然老化(含壓後立即使用於特定用途而發揮實質自然老化作用時))之鋁複合材，長期曝露於高溫環境下時，機械性質不會劣化，且兼具構造材料應有之機械強度，故為最適合儲藏或搬運用容器之構造材料。

又，可以6000系鋁做為前述鋁複合材之實例。對於一般皆知之熱處理(T6處理)合金--6000系鋁合金，竟然可以在未實施熱處理而在擠壓狀態下實施自然老化，並提供做為

五、發明說明 (20)

適合已使用核燃料之儲藏或搬運用容器的構造材料。又，非熱處理系合金(例如，3000系、5000系)亦相同。

(實施形態6)

其次，針對前述角管1之具體使用實例進行說明。圖7係桶之斜視圖。圖8係圖7所示桶的軸方向斷面圖。圖9例圖7所示桶的徑方向斷面圖。此桶100係配合容器130之外周形狀，對本體101之腔102內面實施機械加工者。

本體101及底板104係具有 γ 線屏蔽機能之碳鋼製鍛造品。又，亦可以不銹鋼取代碳鋼。前述本體101及底板104採熔接結合。又，為確保耐壓容器之密閉性能，一次蓋110及本體101之間設有金屬容器。

本體101及外筒105之間，充填含有許多氫之高分子材料、且具有中子屏蔽機能的樹脂106。另外，本體101及外筒105間熔接著導熱之複數銅製內部散熱片107，前述樹脂106係在流動狀態注入該內部散熱片107所形成之空間並冷卻固化。為了獲得均一之散熱，最好在熱量較多之部份設置較高密度的內部散熱片107。又，樹脂106及外筒105間設有數mm之熱膨脹餘量108。

蓋部109由一次蓋110及二次蓋111所構成。此一次蓋110係由可屏蔽 γ 線之不銹鋼或碳鋼所構成之圓盤形狀。又，二次蓋111也是不銹鋼製或碳鋼製之圓盤形狀，其上面則會充灌樹脂112做為中子屏蔽體。一次蓋110及二次蓋111係以不銹鋼製或碳鋼製之螺栓113裝配於本體101上。此外，一次蓋110及二次蓋111和本體101之間分別設有金屬容

五、發明說明 (21)

器，維持內部之密閉性。另外，蓋部109之周圍設置充灌樹脂114之補助屏蔽體115。

桶本體116之兩側，設有以垂吊桶100為目的之耳軸117。另外，搬運桶100時，應拆除補助屏蔽材115並裝上緩衝體118。緩衝體118之構造，係在不銹鋼材製成之外筒120內填入紅杉材料等緩衝材119。

容器130係由構成存放已使用核燃料集合體之巢室131的69支角管1所構成。當角管1係採用以前述實施形態相關之製造方法所製造之物。圖10係前述角管插入方法的斜視圖。以前述步驟製造之角管1沿著腔102內之加工形狀依序插入。

又，如圖10及圖8所示之腔102中，由5個或7個巢室構成之角管列的兩側，分別插入替代管133。此替代管133之目的，除可減輕本體101之重量，亦可使本體101之厚度均一化，並確實固定角管1。此替代管133亦使用含有硼之鋁合金以前述同樣步驟製成。又，亦可省略此替代管133。

收存於桶100內之已使用核燃料集合體，因含有核分裂性物質及核分裂產生物等，除會產生放射線外，亦會產生衰變熱，故儲藏期間(60年左右)必須確實維持桶100之除熱機能、屏蔽機能、防止臨界狀況機能。本實施形態相關之桶100中，對本體101之腔102內實施機械加工，並以和由角管1構成之容器130外側稍為密合之狀態(無太大間隙)下插入，且本體101及外筒105間設有內部散熱片107。因此，燃料棒之熱會經由角管1或充填之氬氣傳至本體101，

五、發明說明(22)

並主要經由內部散熱片107從外筒105實施放出。

已使用核燃料集合體產生之 γ 線，會被碳鋼或不銹鋼製成之本體101、外筒105、及蓋部109等屏蔽。又，中子被樹脂106屏蔽，可避免從事放射線處理業務者曝露於其下。具體而言，設計上，以獲得表面線等效率為2 mSv/h以下、表面上1 m之線量等效率100 μ Sv/h以下之屏蔽機能。又，構成巢室131之角管1因使用含硼之鋁合金，故可吸收中子而防止達到臨界狀況。

利用此桶100，對本體101之腔102內實施機械加工，並以和由角管1構成之容器130外側稍為密合之狀態(無太大間隙)下插入，故可擴大角管及腔相對之面積，使角管1之傳熱更良好。又，因可以減少腔102內之空間區域，若角管1收容數相同，則本體101可以更為小型及輕量。相反地，未改變本體101之外徑時，因可確保更多之巢室數，而可增加已使用核燃料集合體之收容數。具體而言，該桶100時，已使用核燃料集合體之收容數可達69體，且桶本體116之外徑及重量可以分別抑制於2560 mm及120 ton。

又，前述實施形態係以成束角管1來構成容器130，但亦可以鋸齒狀或方格狀配置此角管1來構成容器。此時，角管1之邊緣部份最好設有可互相咬合固定之構造。

又，本實施形態之桶亦含有收容薄罐狀之罐容器的本體101內部構造(省略圖示)。將前述已使用核燃料集合體或放射性廢棄物實施玻璃固化等之各種放射性物質充灌至罐容器內，並在收容於本體101之狀態下，以桶為單位實施

五、發明說明(23)

搬運或儲藏。

(實施形態7)

接著，針對前述角管之其他使用實例進行說明。圖11係PWR用之已使用燃料池的斜視圖。此已使用燃料池200係設有複數之以前述實施形態1或2製造的角管1，具有上下部份以支撐板201固定之架202。架202設置於鋼筋混凝土製之槽203內，為防止槽水外漏，該槽203內壁貼有不銹鋼板之裡襯204。

此槽203內隨時注滿硼酸液。因此已使用燃料池200係以前述角管1所構成，故具有高中子吸收性能，且可確保構造之健全性。因此，可有效防止已使用燃料集合體達到臨界狀況。又，將B-SUS製角管改為B-A1製角管，可大幅減輕燃料池內之常時荷重，提升儲藏設施之安全性。

又，當做燃料池內之架202使用時，相對於目前使用之B-SUS製角管約3.0的pH，B-A1製之角管1的pH約為4.5，因硼酸液係為酸性，故可能產生間隙腐蝕。因此，燃料池之液環境最好為中性。

[發明之功效]

如以上之說明所示，因本發明之放射性物質儲藏構件製造方法含有混合鋁粉末及中子吸收材粉末的步驟、以對混合粉末進行加壓來實施預成型體之成型的步驟、以及在無加壓狀態下實施預成型體之真空燒結或在鈍氣環境實施燒結的步驟，故可簡化放射性物質儲藏構件之製造。

此外，本發明之放射性物質儲藏構件製造方法，係含有

五、發明說明(24)

混合鋁粉末及中子吸收材粉末的步驟、以對混合粉末進行加壓來實施預成型體之成型的步驟、在無加壓狀態下實施預成型體之真空燒結或在鈍氣環境實施燒結的步驟、以感應加熱手段對丸粒加熱的步驟、以及以擠壓模對經感應加熱之丸粒實施擠壓成型並實施構成已使用燃料集合體儲藏用容器之角管或板材成型或是插入已使用燃料之導管內的棒體成型的步驟。又，收容已使用燃料集合體之角管，以冷靜液壓成型法或冷單向加壓對鋁粉末及中子吸收材粉末之混合粉末實施成型獲得預成型體，在無加壓狀態進行真空燒結並將其當做丸粒，且以感應加熱手段對此丸粒進行加熱並實施擠壓成型。利用此方式，可有效實施感應加熱，除可簡化製造步驟，亦可有效實施丸粒之擠壓成型。

本發明之放射性物質儲藏構件製造方法，因含有混合鋁粉末及中子吸收材粉末的步驟、以冷靜液壓成型法或冷單向加壓實施預成型體之成型的步驟、在無加壓狀態進行實施預成型體之真空燒結並將其當做丸粒的步驟、以及利用真空燒結之熱實施丸粒之擠壓成型來實施構成已使用燃料集合體儲藏用容器之角管或板材成型、或是插入已使用燃料之導管內的棒體成型的步驟，故不需再對丸粒實施加熱而簡化製造步驟。

在本發明之放射性物質儲藏構件製造方法，即使預成型體之重量為75%以上、95%以下，亦可實施健全的擠壓成型。

本發明之放射性物質儲藏構件製造方法，因以機械合金

五、發明說明(25)

成份來混合鋁粉末及中子吸收材粉末，可使鋁基體中之中子吸收材粉末微細化且均一分散。所以，可提高已使用燃料儲藏構件的機械強度。

又，本發明之放射性物質儲藏構件製造方法，因使用以預定添加於試料內之元素為主成份的球，可以在此步驟中添加想要在球磨過程中添加於試料之元素。因此，可簡化製造步驟。

本發明之放射性物質儲藏構件製造方法，更因前述擠壓成型後，含有對構成已使用燃料集合體收容用容器之角管或板材、或插入於已使用燃料之替代管內的棒體實施自然老化的步驟，而可獲得最適合之放射性物質儲藏構件。

本發明之放射性物質儲藏構件之擠壓成型用丸粒，因對鋁粉末及中子吸收材粉末之混合粉末實施重量密度為75%~95%之成型，且粉末間會因燒結而融著，故丸粒之感應加熱更為容易，而簡化放射性物質儲藏構件之製步驟。

本發明之放射性物質儲藏構件擠壓成型用丸粒，因對利用機械合金成份使鋁粉末扁平化、並使粉碎之硼或硼化合物滲入該鋁粉末而形成之分散混合粉末實施重量密度為75%~95%之成型，且粉末間係以燒結來融著，可防止燒結時之凝集。因此，利用此丸粒擠壓成型之放射性物質儲藏構件的成份會均質化，可提高機械強度。

本發明之放射性物質儲藏構件擠壓成型用丸粒，更被使用於已使用核燃料之儲藏或運送用容器的構造材料，因前述鋁粉末含有以附加高強度性為目的之Zr等添加元素，可

五、發明說明 (26)

提高機械強度。

又，本發明之放射性物質儲藏構件製造方法，因含有混合鋁粉末及中子吸收材粉末的步驟、以對混合粉末進行加壓來實施預成型體之成型的步驟、以真空熱壓實施預成型體之燒結並使其成為丸粒的步驟、利用感應加熱手段對丸粒進行加熱的步驟、以及以擠壓模對經感應加熱之丸粒實施擠壓成型且實施構成已使用燃料集合體儲藏用容器之角管或板材成型或是插入已使用燃料之導管內的棒體成型的步驟，故可簡化製造步驟並有效實施丸粒之擠壓成型。

[圖式之簡單說明]

圖1係角管之斷面圖。

圖2係本發明實施形態1相關之角管製造方法的流程圖。

圖3係舌形擠壓機之擠壓模構造圖，該圖之(a)係軸方向斷面圖、該圖之(b)係徑方向斷面圖。

圖4係以實施本發明實施形態2之製造方法為目的之粉末製造裝置的概略構造圖。

圖5係平板式架之斜視圖。

圖6係已使用燃料集合體之說明圖。

圖7係桶之斜視圖。

圖8係圖7所示之架徑方向的斷面圖。

圖9係圖7所示之架軸方向的斷面圖。

圖10係角管插入方法的斜視圖。

圖11係PWR用之已使用燃料池的斜視圖。

五、發明說明 (27)

[符號之說明]

- 1 角管
- 100 桶
- 101 本體
- 102 腔
- 104 底板
- 105 外筒
- 106 樹脂
- 107 內部散熱片
- 108 熱膨脹餘量
- 109 蓋部
- 110 一次蓋
- 111 二次蓋
- 115 補助屏蔽體
- 116 桶本體
- 117 耳軸
- 118 緩衝體
- 130 容器
- 131 巢室

四、中文發明摘要(發明之名稱：放射性物質儲藏構件之製造方法及擠壓成型用丸粒)

本發明之課題係有效率地生產角管。

本發明之解決手段，係將鋁粉末及中子吸收材粉末混合，利用冷靜液壓成型法實施預成型體之成型。其次，在無加壓狀態下對預成型體實施真空燒結。燒結後，以感應加熱對此丸粒實施熱擠壓，實施角管之成型。

英文發明摘要(發明之名稱：METHOD OF MANUFACTURING A RADIOACTIVE-SUBSTANCE STORAGE MEMBER, BILLET FOR USE IN EXTRUSION OF THE SAME, AND SQUARE PIPE)

An aluminum powder is mixed with a neutron absorber powder through cold isostatic press to form a preliminary molding. The preliminary molding is then subjected to sintering under no pressure in vacuum. After sintering, a billet is subjected to induction heating and hot extrusion to form a square pipe.

六、申請專利範圍

1. 一種放射性物質儲藏構件之製造方法，係製造儲藏放射性物質之構件，其特徵在於含有：

混合鋁粉末及中子吸收材粉末的步驟、

以對混合粉末進行加壓來實施預成型體之成型的步驟

、以及

在無加壓狀態下實施預成型體之真空燒結的步驟。

2. 一種放射性物質儲藏構件之製造方法，係製造儲藏放射性物質之構件，其特徵在於含有：

混合鋁粉末及中子吸收材粉末的步驟、

以對混合粉末進行加壓來實施預成型體之成型的步驟、

在無加壓狀態下實施預成型體之真空燒結使其成為丸粒的步驟、

利用感應加熱手段對丸粒進行加熱的步驟、以及

以擠壓模對經感應加熱之丸粒實施擠壓成型，實施構成已使用燃料集合體儲藏用容器之角管或板材成型、或是插入已使用燃料之導管內的棒體成型的步驟。

3. 一種放射性物質儲藏構件之製造方法，係製造儲藏放射性物質之構件，其特徵在於，含有：

混合鋁粉末及中子吸收材粉末的步驟、

以對混合粉末進行加壓來實施預成型體之成型的步驟、

在無加壓狀態下實施預成型體之真空燒結使其成為丸粒的步驟、以及

以真空燒結時之熱對丸粒實施擠壓成型，實施構成已使用燃料集合體儲藏用容器之角管或板材成型、或是插

六、申請專利範圍

入已使用燃料之導管內的棒體成型的步驟。

4. 一種放射性物質儲藏構件之製造方法，係製造儲藏放射性物質之構件，其特徵在於，含有：

混合鋁粉末及中子吸收材粉末的步驟、

以對混合粉末進行加壓來實施預成型體之成型的步驟、以及

在無加壓之鈍氣環境下對預成型體實施燒結的步驟。

5. 一種放射性物質儲藏構件之製造方法，係製造儲藏放射性物質之構件，其特徵在於含有：

混合鋁粉末及中子吸收材粉末的步驟、

以對混合粉末進行加壓來實施預成型體之成型的步驟、

在無加壓之鈍氣環境下對預成型體實施燒結使其成為丸粒的步驟、

利用感應加熱手段對丸粒進行加熱的步驟、以及

以擠壓模對經感應加熱之丸粒實施擠壓成型，對構成已使用燃料集合體儲藏用容器之角管或板材成型、或是插入已使用燃料之導管內的棒體實施成型的步驟。

6. 一種放射性物質儲藏構件之製造方法，係製造儲藏放射性物質之構件，其特徵在於含有：

混合鋁粉末及中子吸收材粉末的步驟、

以對混合粉末進行加壓來實施預成型體之成型的步驟、

在無加壓之鈍氣環境下對預成型體實施燒結使其成為丸粒的步驟、以及

利用真空燒結時之熱實施丸粒之擠壓成型，對構成已

六、申請專利範圍

使用燃料集合體儲藏用容器之角管或板材成型、或是插入已使用燃料之導管內的棒體實施成型的步驟。

7. 如申請專利範圍第1至6項中任一項之放射性物質儲藏構件的製造方法，其中，使前述預成型體之重量密度為75%以下、95%以下。
8. 如申請專利範圍第1至6項中任一項之放射性物質儲藏構件的製造方法，其中，前述混合係使用機械合金成份。
9. 如申請專利範圍第8項之放射性物質儲藏構件的製造方法，其中，在機械合金成份上更使用球磨，同時，使用以預先添加於試料內之元素為主成份的球，利用球磨中之球磨損在前述鋁基體中實施前述球元素之添加。
10. 如申請專利範圍第2、3、5、6項中任一項之放射性物質儲藏構件的製造方法，其中，在前述擠壓成型之後，更含有使構成已使用燃料集合體儲藏用容器之角管或板材，或插入已使用燃料之導管內的棒體保持被擠出狀態、或是實施自然老化的步驟。
11. 一種放射性物質儲藏構件之擠壓成型用丸粒，其特徵為，以重量密度為75%~95%之鋁粉末及中子吸收材粉末的混合粉末實施成型者，且粉末間係以燒結來融結。
12. 一種放射性物質儲藏構件之擠壓成型用丸粒，其特徵為，利用機械合金成份使鋁粉末扁平化，並使粉碎之硼或硼化合物滲入該鋁粉末而形成之分散混合粉末的重量密度為75%~95%來實施成型者，且粉末間係以燒結來融結。

六、申請專利範圍

13. 一種放射性物質儲藏構件之擠壓成型用丸粒，係更被使用為已使用核燃料之儲藏或運送用容器的構造材料，前述鋁粉末含有以附加高強度性為目的之Zr等添加元素。
14. 一種收容已使用燃料集合體之角管，其特徵為，以冷靜液壓成型法或冷單向加壓對鋁粉末及中子吸收材粉末之混合粉末實施成型所獲得之預成型體，在無加壓狀態進行真空燒結並將其當做丸粒，且以感應加熱手段對此丸粒進行加熱並實施擠壓成型。
15. 一種放射性物質儲藏構件之製造方法，係製造放射性物質儲藏用構件，其特徵為含有：
混合鋁粉末及中子吸收材粉末的步驟、
以對混合粉末進行加壓來實施預成型體之成型的步驟、
以真空熱壓燒結預成型體並當做丸粒使用的步驟、
以感應加熱手段對丸粒加熱的步驟、以及
以擠壓模對經感應加熱之丸粒實施擠壓成型，對構成已使用燃料集合體儲藏用容器之角管或板材成型、或是插入已使用燃料之導管內的棒體實施成型的步驟。

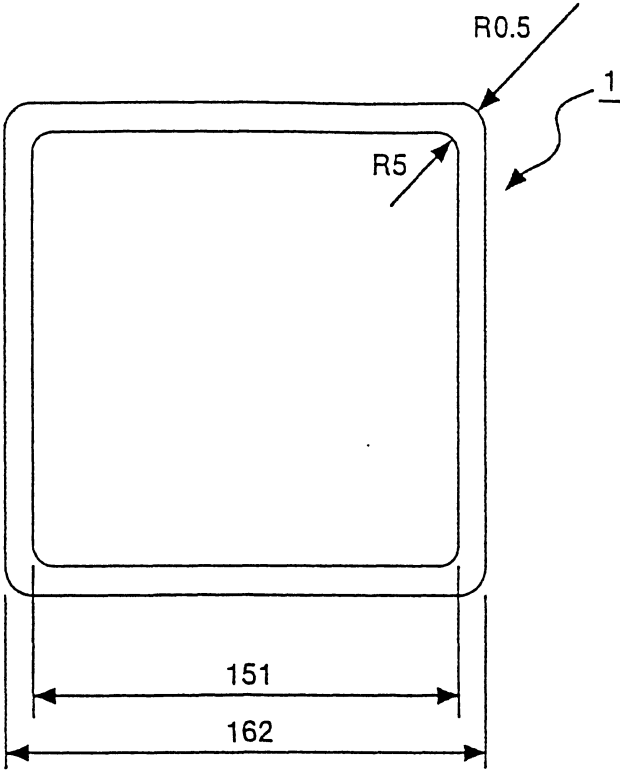


圖 1

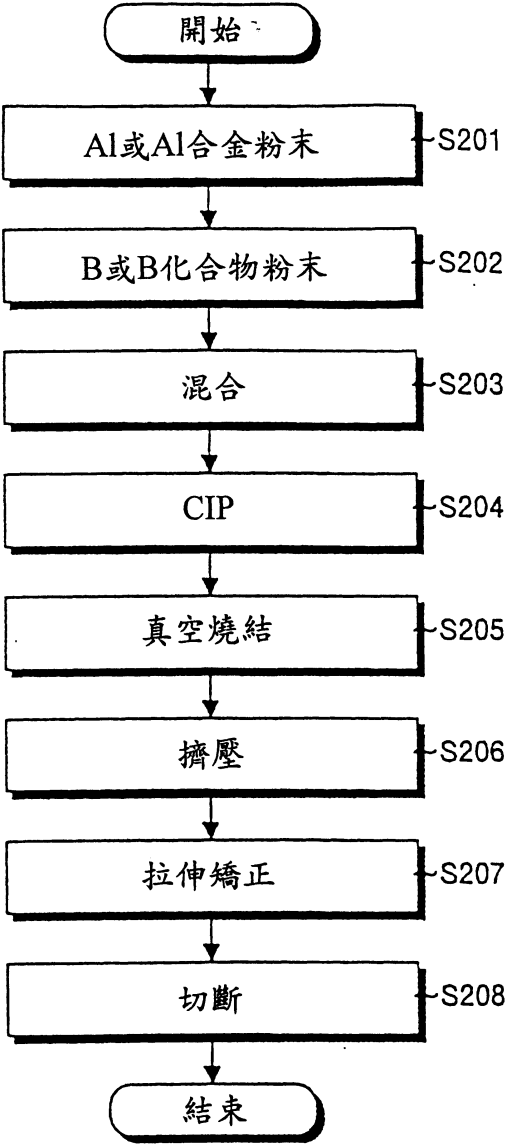


圖 2

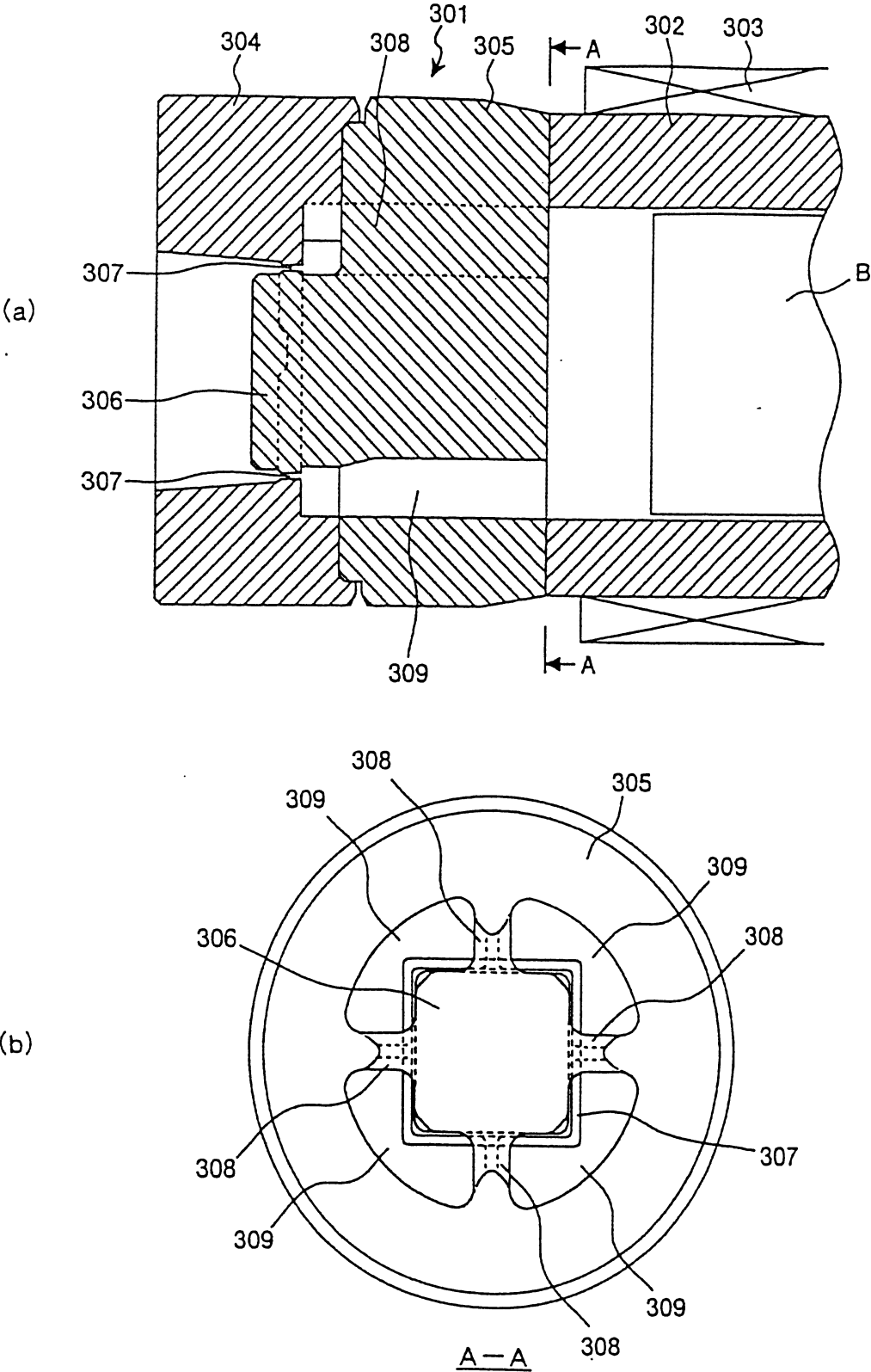


圖 3

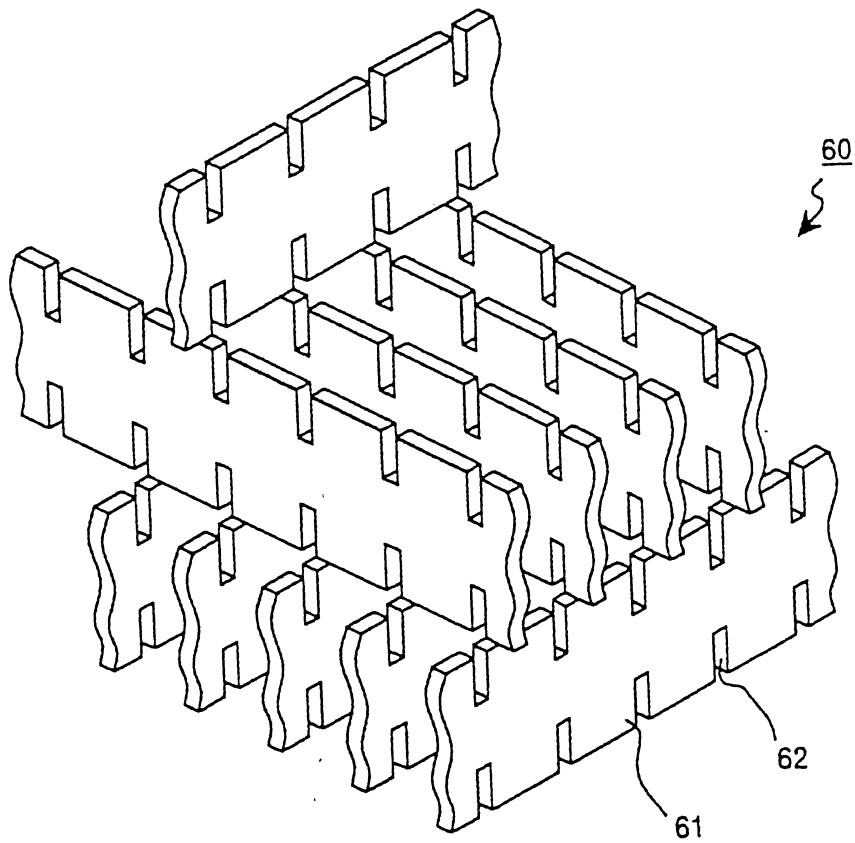


圖 5

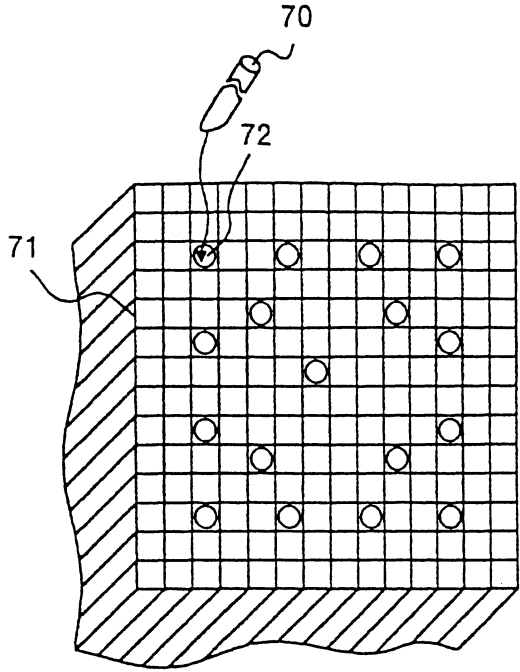


圖 6

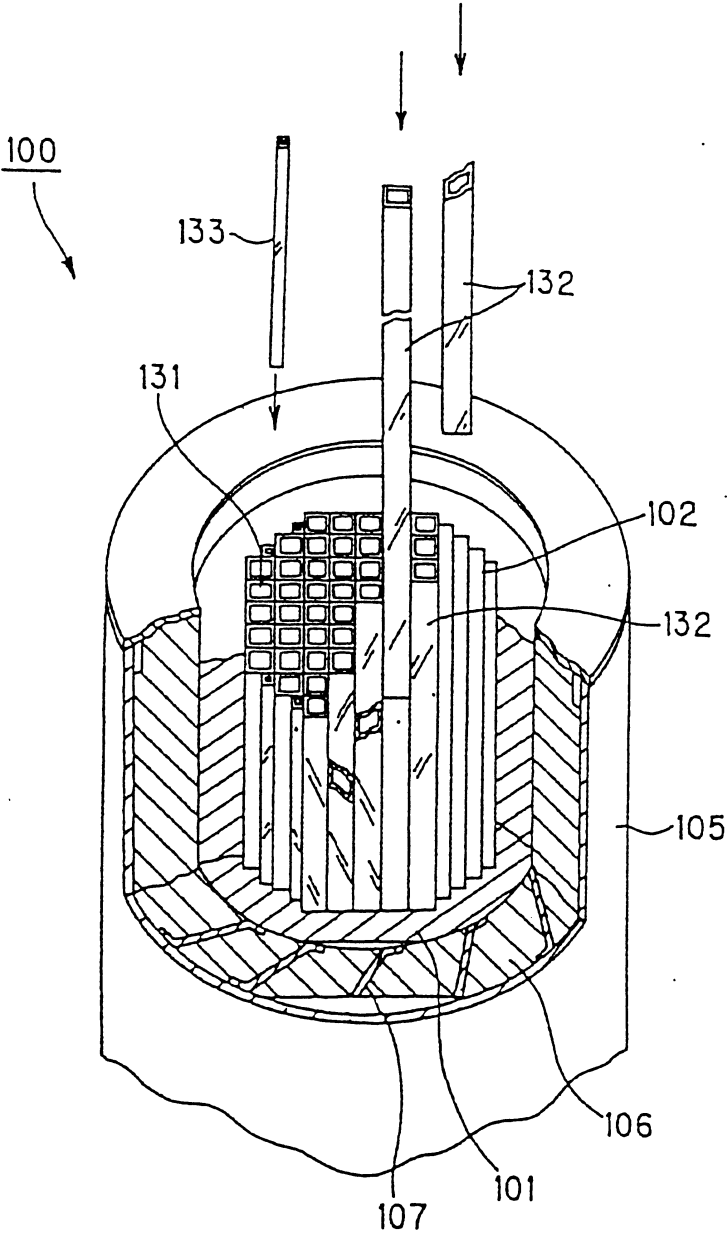


圖 10

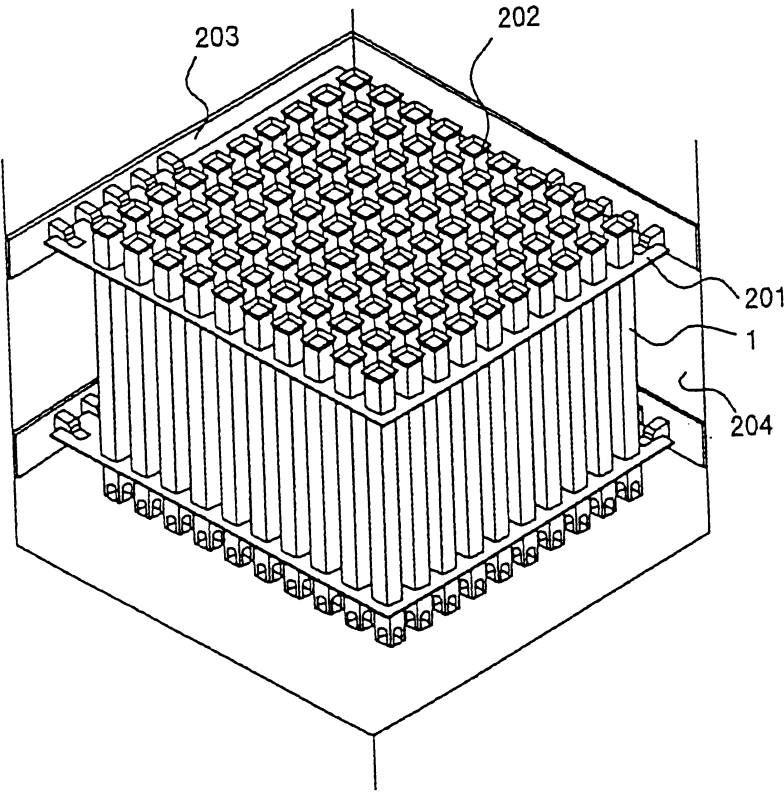


圖 11

第 091108125 號專利申請案
中文圖式替換頁(92 年 2 月)

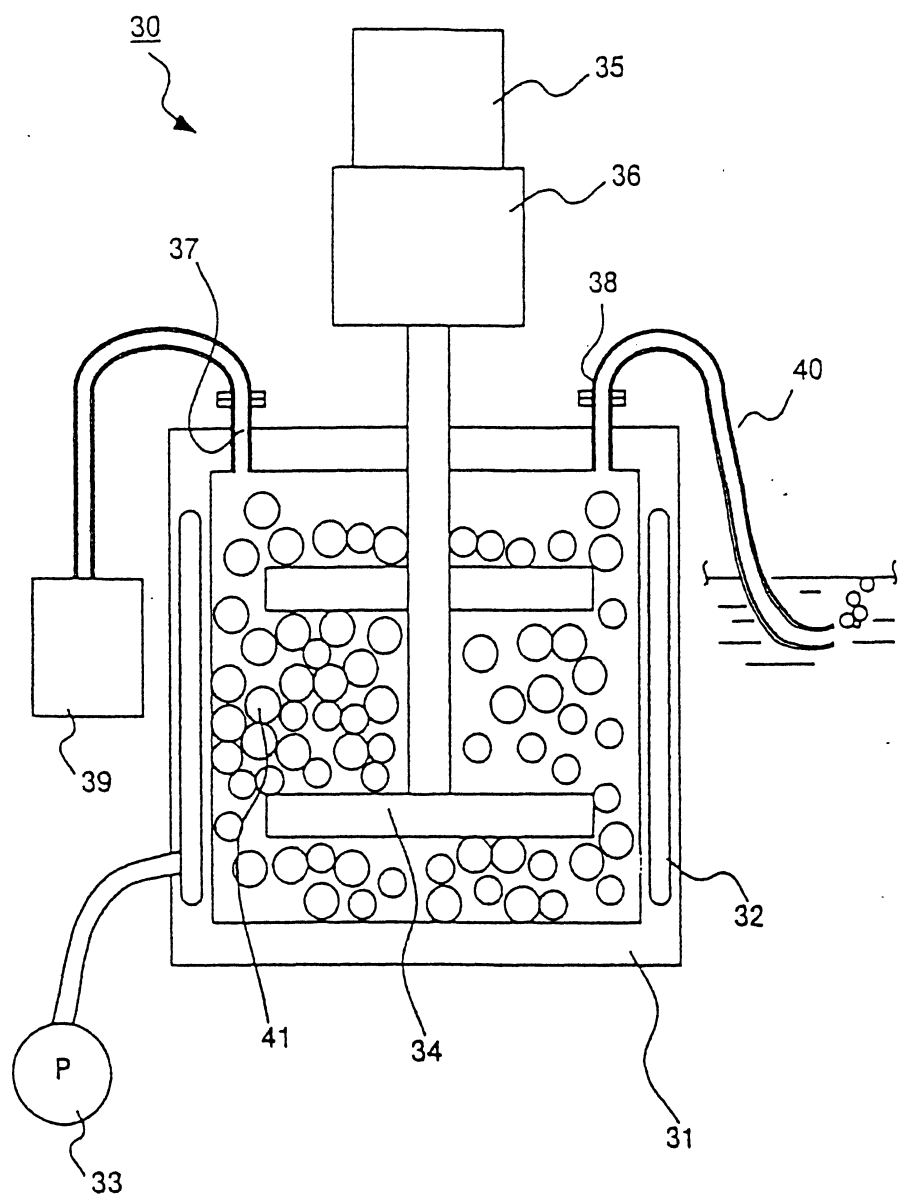


圖 4

第 091108125 號專利申請案
中文圖式替換頁(92 年 2 月)

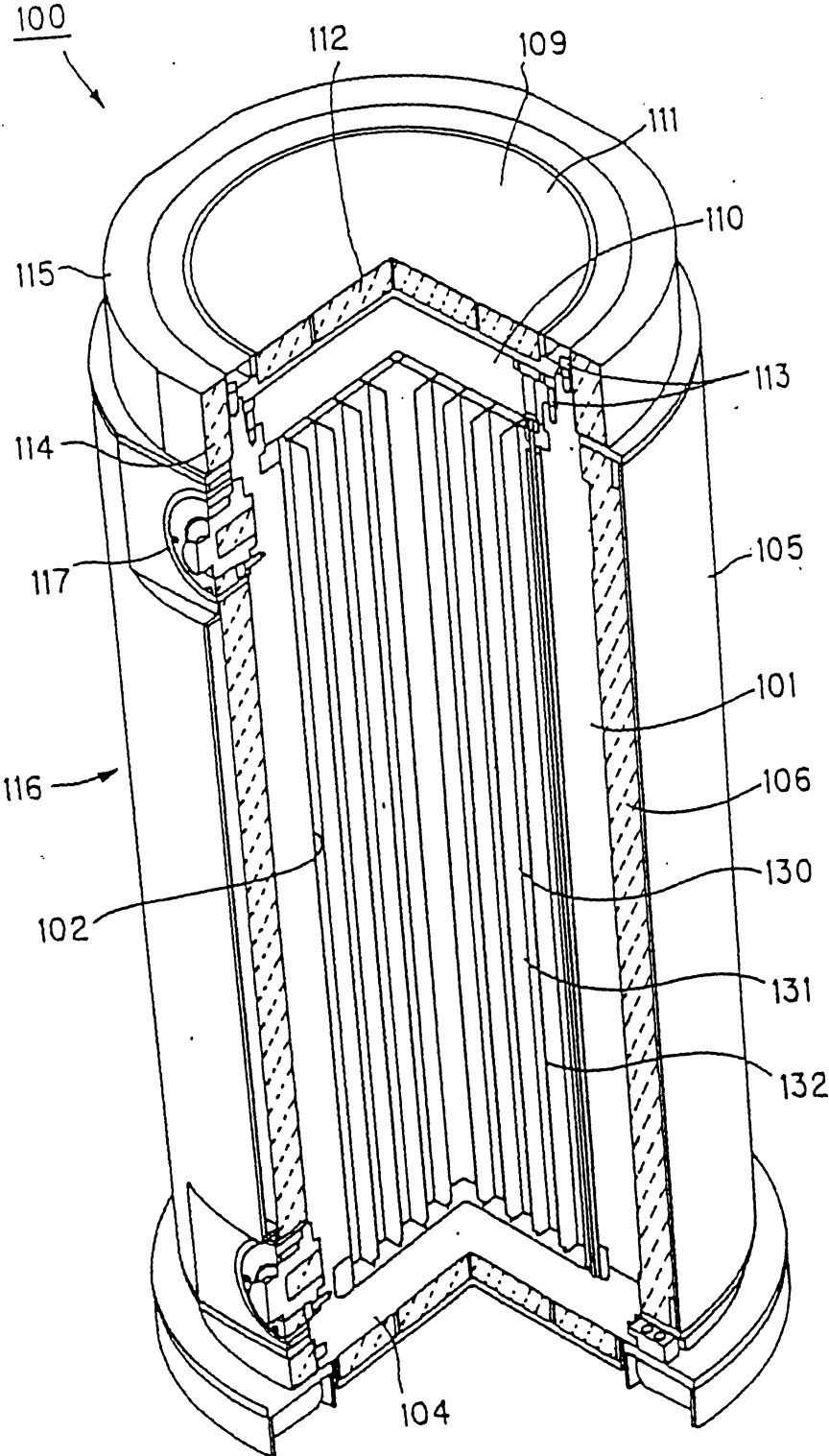


圖 7

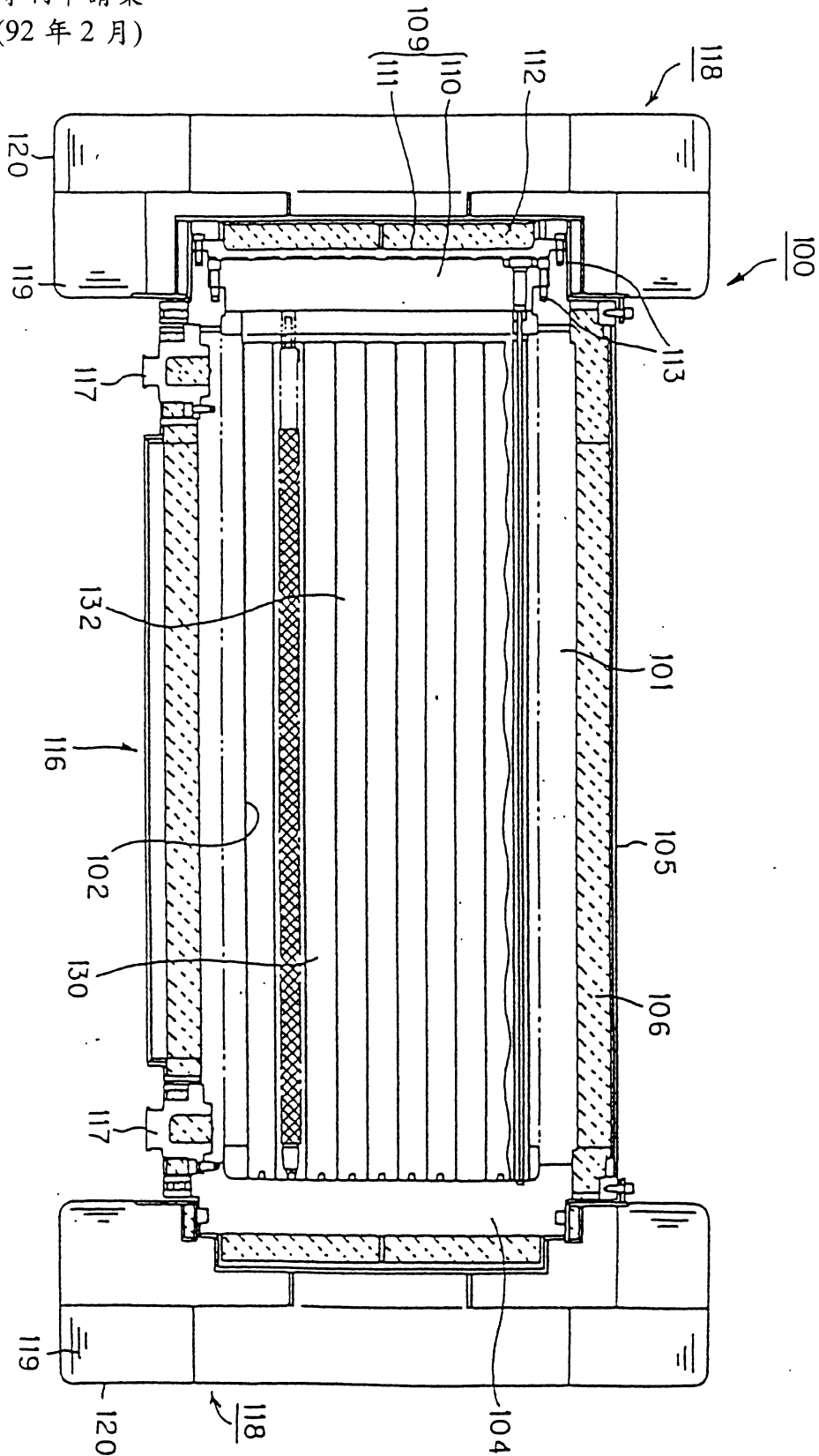


圖 8

第 091108125 號專利申請案
中文圖式替換頁(92 年 2 月)

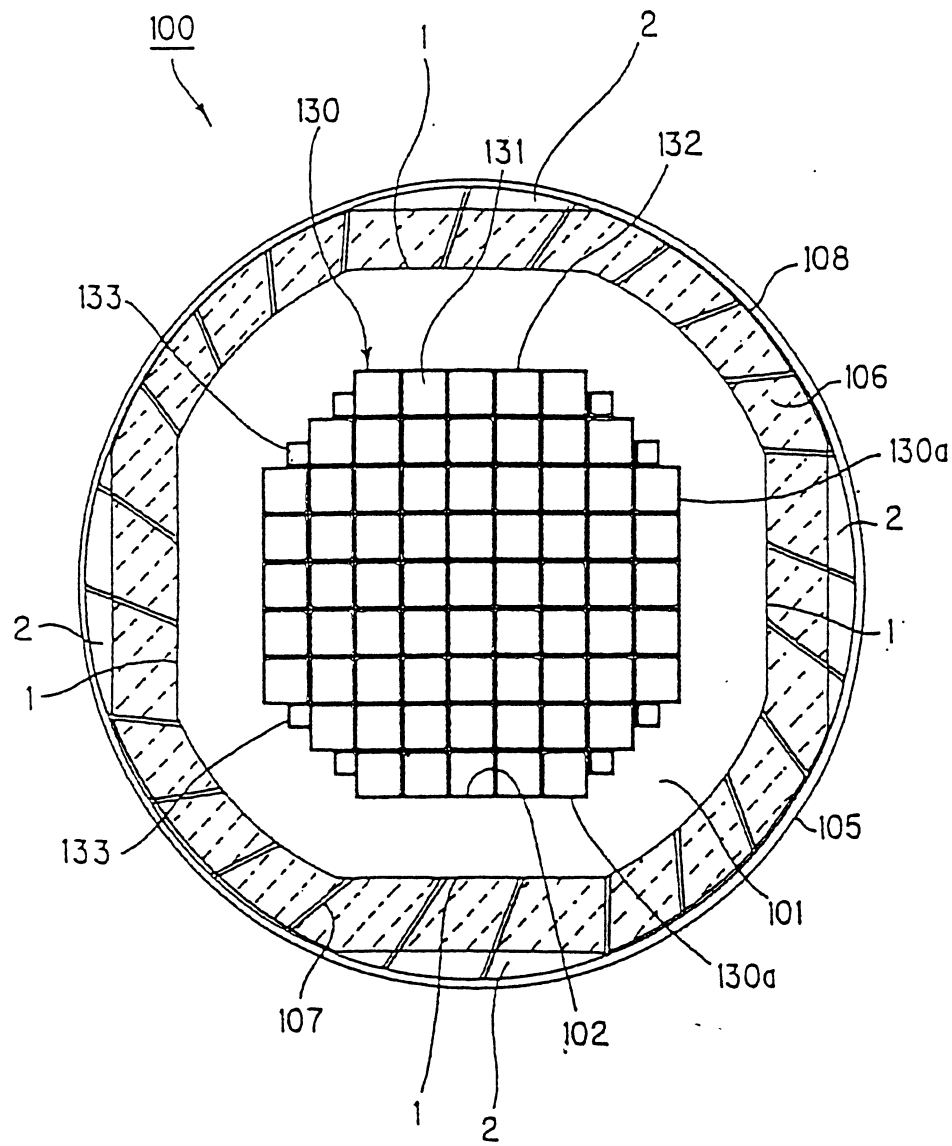


圖 9