เลขที่อนุสิทธิบัตร 9482

อสป/200 - ข

อนุสิทธิบัตร

อาศัยอำนาจตามความในพระราชบัญญัติสิทธิบัตร พ.ศ. 2522 ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2542 กรมทรัพย์สินทางปัญญาออกอนุสิทธิบัตรฉบับนี้ให้แก่

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

รับการประดิษฐ์ตามรายละเอียดการประดิษฐ์ ข้อถือสิทธิ และรูปเขียน (ถ้ามี) ดัง ในอนุสิทธิบัตรนี้

ำขอ	1203001081
บอนุสิทธิบัตร	30 เมษายน 2553
ษฐ์	ผศ.ดร.อภิวัฒน์ มุตตามระ
งถึงการประดิษฐ์	กรรมวิธีการผลิตอิเล็กโทรดอัดขึ้นรูปแบบเย็นสำหรับการกัดอาร์คด้วยไฟฟ้าอีดีเอ็ม

ให้ผู้ทรงอนุ ทธิและหน้าที่ตามกฎหมายว่าด้วยสิทธิบัตรทุกประการ

ออกให้ ณ วันที่ 26 เดือน มกราคม พ.ศ. 2558

หมดอายุ ณ วันที่ 29 เดือน เมษายน พ.ศ. 2559

(ลงชื่อ).....

(นางมาลี โชคล้ำเลิศ)

อธิบดีกรมทรัพย์สินทางปัญญา

ผู้ออกอนุสิทธิบัตร

พนักงานเจ้าหน้าที่

หมายเหตุ

1. ผู้ทรงอนุสิทธิบัตรต้องชำระค่าธรรมเนียมรายปีเริ่มแต่ปีที่ 5 ของอายุสิทธิบัตร มิฉะนั้น อนุสิทธิบัตรจะสิ้นอายุ
2. ผู้ทรงอนุสิทธิบัตรจะขอชำระค่าธรรมเนียมรายปีล่วงหน้าโดยชำระทั้งหมดในคราวเดียวก็ได้
3. ภายใน 90 วันก่อนวันสิ้นอายุอนุสิทธิบัตร ผู้ทรงอนุสิทธิบัตรมีสิทธิขอต่ออายุอนุสิทธิบัตรได้ 2 คราว มีกำหนดคราวละ 2 ปี โดยยื่นคำขอต่ออายุ ต่อพนักงานเจ้าหน้าที่
4. การอนุญาตให้ใช้สิทธิตามอนุสิทธิบัตรและการโอนอนุสิทธิบัตรต้องทำเป็นหนังสือและจดทะเบียนต่อพนักงานเจ้าหน้าที่

020125

รายละเอียดของการประดิษฐ์
ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์
กรรมวิธีการผลิตอิเล็กโทรดอัดขึ้นรูปแบบเย็นสำหรับการกัดอาร์คด้วยไฟฟ้าอีดีเอ็ม

1. ลักษณะและความมุ่งหมายของการประดิษฐ์

กรรมวิธีการผลิตอิเล็กโทรดอัดขึ้นรูปแบบเย็นสำหรับการกัดอาร์คด้วยไฟฟ้าอีดีเอ็ม ตามการประดิษฐ์นี้ เป็นอิเล็กโทรดที่ผลิตขึ้นจะมีส่วนผสมของโลหะ 3 ชนิด ได้แก่ นิกเกิล แกรไฟต์ และทองแดง โดยนำผงโลหะทั้ง 3 ชนิด ไปผ่านกระบวนการบดผสมแบบแห้งด้วยลูกบดชนิดทังสเตนคาร์ไบด์ (tungsten carbide) แล้วเติมกรดบอริกลงไปเป็นตัวผสานผงโลหะให้กลายเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นนำไปอัดขึ้นรูปแบบเย็นโดยใช้แม่พิมพ์ แล้วนำไปเผาให้ผนึกมีความคงทนแข็งแรง และมีความสามารถในการนำไฟฟ้าได้สูง

การประดิษฐ์นี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นระหว่างการผลิต โดยที่อิเล็กโทรดที่อัดขึ้นรูปแบบเย็นสามารถทดแทนอิเล็กโทรดที่ทำการขึ้นรูปแบบร้อน (HIP) ได้ ซึ่งต้องใช้เครื่องจักรที่มีราคาแพงในการผลิต ทำให้ต้นทุนค่อนข้างสูง และอิเล็กโทรดที่ทำการผลิตขึ้นรูปแบบเย็นนี้ ยังมีประสิทธิภาพในการทำงานใกล้เคียงกับอิเล็กโทรดที่ขึ้นรูปแบบร้อนด้วย

2. สาขาวิทยาการที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์

วิศวกรรมในส่วนที่เกี่ยวข้องกับกรรมวิธีการผลิตอิเล็กโทรดอัดขึ้นรูปแบบเย็นสำหรับการกัดอาร์คด้วยไฟฟ้าอีดีเอ็ม

3. ภูมิหลังของศิลปะหรือวิทยาการที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันเครื่องกัดอาร์คด้วยไฟฟ้าอีดีเอ็ม หรือที่เรียกว่า Electrical Discharged Machine (EDM) ได้นำมาใช้ประโยชน์อย่างมากในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนโลหะหรืออุตสาหกรรมการผลิตแม่พิมพ์ สำหรับงานด้านโลหะหรือพลาสติกนั้น จำเป็นจะต้องผ่านกระบวนการผลิตที่มีการกัดเซาะเนื้อโลหะ โดยใช้เครื่องกัดอาร์คด้วยไฟฟ้า EDM เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ใช้สำหรับเก็บรายละเอียดของชิ้นงาน ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญในการนำชิ้นงานไปเป็นแม่พิมพ์ต่อไป โดยเทคโนโลยีการกัดเซาะเนื้อโลหะด้วยตัวนำไฟฟ้า (Electrical Discharged Machining Technology)

เป็นกระบวนการที่มีการนำไฟฟ้ามาใช้ในการตัด (cutting) ชิ้นงาน โดยมีเครื่องมือตัดที่เรียกว่า อิเล็กโทรด (electrode) ทำการปล่อยประจุไฟฟ้าไปยังชิ้นงาน ซึ่งชิ้นงานกับอิเล็กโทรดจะจมอยู่ในน้ำมัน ที่เรียกว่า ของเหลวตัวกลาง (Dielectric fluid) โดยที่ชิ้นงานกับอิเล็กโทรดจะไม่มีการสัมผัสกัน แต่จะมีช่องว่างขนาดเล็ก (small gap) ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการเกิดปฏิกิริยากัน ทำให้เก็บรายละเอียดของชิ้นงานนั้นๆ ได้

เทคโนโลยีการกัดอาร์คด้วยไฟฟ้า (Electrical Discharged Machining Technology) แบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก คือ การกัดอาร์คด้วยแท่งอิเล็กโทรด (Sink-EDM) และการกัดอาร์คด้วยเส้นลวด (Wire-EDM) โดยทั่วไปใช้แท่งทองแดงเป็นอิเล็กโทรด เนื่องจากเป็นวัสดุนำไฟฟ้าได้ดีและมีอัตราการสึกหรอที่ต่ำ อิเล็กโทรดทองแดงแกรไฟต์เป็นอิเล็กโทรดอีกประเภทหนึ่ง ที่นิยมใช้อย่างมากเนื่องจากขึ้นรูปได้ง่ายและมีน้ำหนักเบา แต่อิเล็กโทรดชนิดนี้เป็นการขึ้นรูปแบบร้อน (Hot Isostatic Pressing : HIP) จะต้องใช้เครื่องจักรที่มีราคาแพง ทำให้ต้นทุนในการผลิตค่อนข้างสูง สำหรับการขึ้นรูปแบบเย็น (Cold Press) สามารถขึ้นรูปได้และมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่าเนื่องจากสามารถนำเข้าเตาเผาได้ในปริมาณมากต่อครั้ง ทำให้ผลิตชิ้นงานออกมาได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งด้านคุณภาพและเวลา

สำหรับสิ่งประดิษฐ์นี้ พบว่ายังไม่มีการประดิษฐ์คิดค้นขึ้นในประเทศไทย แต่ในต่างประเทศ พบว่ามีการผลิตและจำหน่ายแล้ว โดยเป็นการอัดขึ้นรูปแบบร้อน (Hot Isostatic Pressing, HIP) แต่จะมีต้นทุนการผลิตที่สูง ซึ่งอิเล็กโทรดที่ผลิตขึ้นนี้ จะมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับอิเล็กโทรดที่อัดขึ้นรูปแบบร้อน แต่จะใช้ต้นทุนการผลิตที่ถูกกว่ามาก

4. <u>การเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์</u>

สูตรส่วนผสมของอิเล็กโทรดอัดขึ้นรูปแบบเย็นสำหรับการกัดอาร์คด้วยไฟฟ้าอีดีเอ็ม ตามการประดิษฐ์นี้ ประกอบด้วย (อัตราส่วนโดยน้ำหนัก)

นิกเกิล	5 %
แกรไฟต์	3 %
ทองแดง	92 %

กรรมวิธีการผลิตอิเล็กโทรดอัดขึ้นรูปแบบเย็นสำหรับการกัดอาร์คด้วยไฟฟ้าอีดีเอ็ม ประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้

1. การทำให้อนุภาคมีขนาดเล็กลง โดยนำนิกเกิล แกรไฟต์ และทองแดง มาผสมรวมกัน แล้วนำไปบดให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคผงโลหะไม่เกิน 50 ไมครอน โดยใช้การบดแบบแห้งด้วยลูกบดชนิดทังสเตนคาร์ไบด์ (Tungsten Carbide) ที่ความเร็วรอบ 40 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

2. การผสานให้เป็นเนื้อเดียวกัน โดยนำกรดบอริก (Boric acid) ผสมลงไปในผงโลหะที่ผ่านการบดละเอียดแล้ว คนให้ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน จะได้สารละลายโลหะสำหรับนำไปขึ้นรูปอิเล็กโทรด ซึ่งกรดบอริกมีคุณสมบัติช่วยในการยึดเกาะกันของเนื้อโลหะ และยังเป็นตัวหล่อลื่นเมื่อมีการเกิดปฏิกิริยา ทำให้สามารถเก็บรายละเอียดของชิ้นงานนั้นๆ ได้

3. การอัดขึ้นรูปแบบเย็น (Cold press) โดยใช้แม่พิมพ์ที่ใช้จะมีขนาดเท่ากับ 4.10 x 6.80 x 34.20 มิลลิเมตร และขนาดแรงอัดที่ใช้ จะเท่ากับ 10 เมกะปาสคาล (MPa)

4. การเผาผนึกอิเล็กโทรด จะนำอิเล็กโทรดไปผ่านกระบวนการเผาไหม้หลายขั้นตอน โดยจะเริ่มจากการให้ความร้อนกับอิเล็กโทรด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส แล้วเพิ่มอุณหภูมิให้เป็น 180 องศาเซลเซียส ในเวลา 30 นาที และคงอุณหภูมินี้ต่อไปอีกเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นเพิ่มความร้อนให้เป็น 1030 องศาเซลเซียส โดยที่ทุกๆ 1 นาที อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ 5 องศาเซลเซียส จนกระทั่งอุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึง 1030 องศาเซลเซียส จะคงอุณหภูมินี้ต่อไปอีกเป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยที่ระหว่างการเกิดกระบวนการเผาไหม้นั้น จะมีการให้ก๊าซอาร์กอน (Argon gas) ตลอดระยะเวลาการเผา เมื่อกระบวนการเผาไหม้เสร็จ จะปล่อยให้อิเล็กโทรดเย็นตัวลง จะได้อิเล็กโทรดอัดขึ้นรูปแบบเย็น มีลักษณะเป็นแท่งยาว มีสีดำสามารถนำไฟฟ้าได้ดี

ตามรูปที่ 1 แสดงลักษณะโครงสร้างจุลภาคของผงโลหะหลังจากการเผาผนึกแบบร้อนและแบบเย็น จะเห็นว่าบริเวณพื้นผิวสีดำ ซึ่งเป็นแกรไฟต์ สำหรับการเผาผนึกแบบร้อนและแบบเย็นมีปริมาณเนื้อแกรไฟต์ใกล้เคียงกัน ส่วนบริเวณที่สว่างกว่าเป็นทองแดงและนิกเกิล

ตามรูปที่ 2 แสดงอุณหภูมิในการเผาผนึกอิเล็กโทรด เริ่มจากให้ความร้อนแก่อิเล็กโทรดประมาณ 30 องศาเซลเซียส แล้วเพิ่มอุณหภูมิให้เป็น 180 องศาเซลเซียส คงอุณหภูมินี้ต่อไปอีกเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นเพิ่มความร้อนให้เป็น 1030 องศาเซลเซียส โดยที่ทุกๆ 1 นาที อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ 5 องศาเซลเซียส จนกระทั่งอุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึง 1030 องศาเซลเซียส จะคงอุณหภูมินี้ต่อไปอีกเป็นเวลา 1 ชั่วโมง นอกจากนี้ในระหว่างการเกิดกระบวนการจะมีการให้แก๊สอาร์กอน (Argon gas) ตลอดระยะเวลาการเผาไหม้ เพื่อลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น เนื่องจากก๊าซอาร์กอนเป็นแก๊สเฉื่อย มีความเสถียร ไม่ทำปฏิกิริยากับอากาศ จึงนิยมใช้อาร์กอนเป็นก๊าซปกคลุมเพื่อป้องกันไม่ให้ชิ้นงานสัมผัสกับอากาศ

จากตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบอัตราส่วนขององค์ประกอบในการขึ้นรูปอิเล็กโทรด อัตราการขจัดเนื้อโลหะ และอัตราการสึกหรออิเล็กโทรด เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสม จึงทำการทดสอบโดยให้กระแสไฟฟ้าขนาด 50 แอมป์ ความต่างศักย์ 90 โวลต์ เวลาเปิด (On time) 100 ไมโครวินาที ที่ Duty factor เท่ากับ 33.33 % หรือ เวลาปิด (Off time) 203 ไมโครวินาที ซึ่งผลการทดสอบ สามารถอธิบายได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบอัตราส่วนขององค์ประกอบในการขึ้นรูปอิเล็กโทรด อัตราการขจัดเนื้อโลหะ และอัตราการสึกหรออิเล็กโทรด

ตัวอย่างที่	อัตราการขจัดเนื้อโลหะ(ลบ.มม.ต่อนาที)				อัตราการสึกหรออิเล็คโทรด(เปอร์เซ็นต์)			
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ค่าเฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ค่าเฉลี่ย
ขึ้นรูปแบบร้อน	140.51	140.34	140.44	140.43	19.21	19.45	19.35	19.34
ขึ้นรูปแบบเย็น								
Cu94-Ni5-C1 (%wt)	120.98	127.49	121.22	123.23	30.79	30.11	29.11	30.00
Cu92-Ni5-C3 (%wt)	154.71	154.49	154.11	154.44	22.67	22.92	22.72	22.77
Cu89-Ni5-C6 (%wt)	121.44	121.19	121.07	121.23	63.21	60.55	60.32	61.36

จะเห็นได้ว่า นิกเกิลและแกรไฟต์ที่ให้อัตราการขจัดเนื้อโลหะมากที่สุดและมีอัตราการสึกหรอน้อยที่สุด คือ นิกเกิล 5 % , แกรไฟต์ 3 % และทองแดง 92 % เมื่อนำมาทำปฏิกิริยากับเหล็กกล้าคาร์บอน จะมีอัตราการขจัดเนื้อโลหะเท่ากับ 154 ลูกบาศก์มิลลิเมตรต่อนาที และมีอัตราการสึกหรอเท่ากับ 23 %

5. คำอธิบายรูปเขียนโดยย่อ

รูปที่ 1 แสดงโครงสร้างจุลภาคของผงโลหะหลังจากการอบเผาผนึก

(ก) แสดงถึงอิเล็กโทรดอัดแบบร้อน

(ข) แสดงถึงอิเล็กโทรดอัดแบบเย็น

รูปที่ 2 แสดงอุณหภูมิในการเผาผนึก

6. วิธีการในการประดิษฐ์ที่ดีที่สุด

ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อ การเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

ข้อถือสิทธิ

1. กรรมวิธีการผลิตอิเล็กโทรดอัดขึ้นรูปแบบเย็นสำหรับการกัดอาร์คด้วยไฟฟ้าอีดีเอ็ม ประกอบด้วยขั้นตอน

(1) ผสมผงนิกเกิล แกรไฟต์ และทองแดง แล้วนำไปบดให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคผงโลหะไม่เกิน 50 ไมครอน โดยนำไปบดแบบแห้งด้วยลูกบดชนิดทังสเตนคาร์ไบต์ (Tungsten Carbide) ที่ความเร็วรอบ 40 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

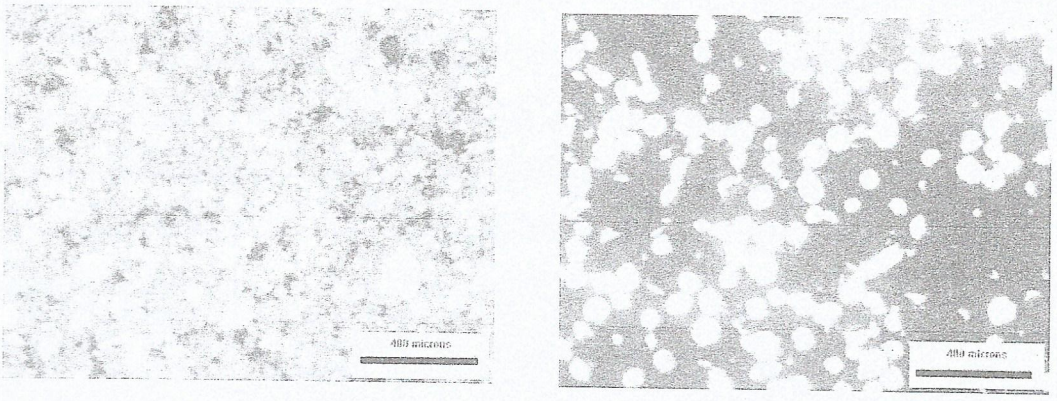
(2) นำกรดบอริกผสมลงไปในผงโลหะที่ผ่านการบดละเอียดแล้ว ทำให้เกิดการยึดเกาะกันดีขึ้น และยังเป็นตัวหล่อลื่นเมื่อมีการเกิดปฏิกิริยาการขจัดเนื้อโลหะ เพื่อเก็บรายละเอียดของชิ้นงานนั้นๆ ได้

(3) อัดขึ้นรูปแบบเย็น โดยใช้แม่พิมพ์ที่มีขนาดเท่ากับ 4.10 x 6.80 x 34.20 มิลลิเมตร และขนาดแรงอัดที่ใช้ เท่ากับ 10 เมกะปาสคาล

(4) เผาผนึกอิเล็กโทรด โดยให้ความร้อนกับอิเล็กโทรด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส แล้วเพิ่มอุณหภูมิให้เป็น 180 องศาเซลเซียส คงอุณหภูมินี้ต่อไปอีกเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นเพิ่มความร้อนให้เป็น 1030 องศาเซลเซียส โดยที่ทุกๆ 1 นาที อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ 5 องศาเซลเซียส จนกระทั่งอุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึง 1030 องศาเซลเซียส จะคงอุณหภูมินี้ต่อไปอีกเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และในระหว่างการเกิดกระบวนการจะมีการให้ก๊าซอาร์กอนตลอดระยะเวลาการเผา เพื่อลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น

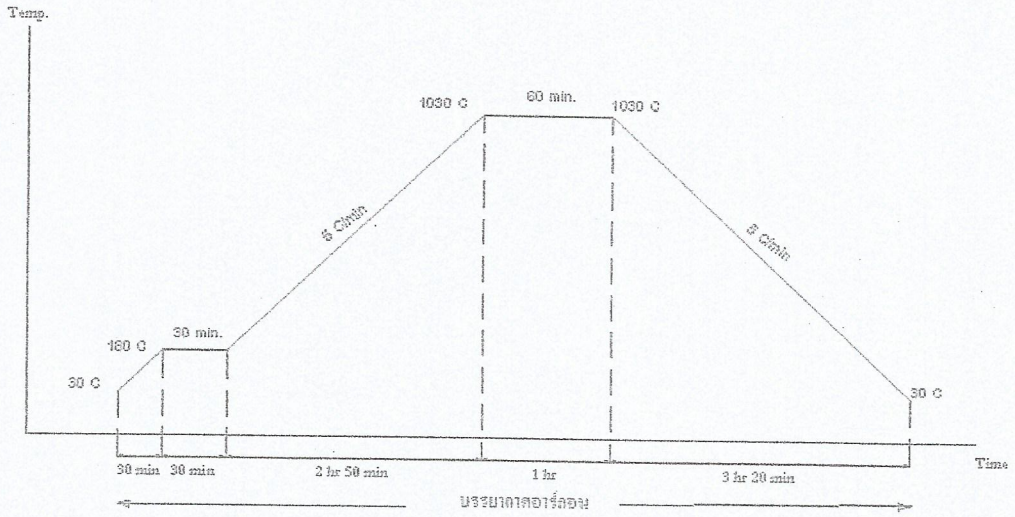
2. ส่วนผสมของอิเล็กโทรดอัดขึ้นรูปแบบเย็น ตามข้อถือสิทธิ 1 ประกอบด้วย (อัตราส่วนโดยน้ำหนัก)

นิกเกิล	5 %
แกรไฟต์	3 %
ทองแดง	92 %


400 microns
400 microns

(ก) (ข)

รูปที่ 1


Temp.
1030 C
60 min.
1030 C
5 C/min
5 C/min
180 C
30 min.
30 C
30 C
Time
30 min
30 min
2 hr 50 min
1 hr
3 hr 20 min
บรรยากาศอาร์กอน

รูปที่ 2

บทสรุปการประดิษฐ์

กรรมวิธีการผลิตอิเล็กโทรดอัดขึ้นรูปแบบเย็นสำหรับการกัดอาร์คด้วยไฟฟ้าอีดีเอ็ม ตามการประดิษฐ์นี้ เป็นการประดิษฐ์อิเล็กโทรดโดยใช้การอัดขึ้นรูปแบบเย็น ประกอบด้วยผงโลหะ 3 ชนิด คือ นิกเกิล แกรไฟต์ และทองแดง ไปผ่านกระบวนการบดผสมแบบแห้ง ให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคไม่เกิน 50 ไมครอน แล้วเติมกรดบอริก (Boric acid) จากนั้นนำไปอัดขึ้นรูปแบบเย็นโดยใช้แม่พิมพ์ แล้วนำไปเผาให้ผนึกมีความคงทน แข็งแรง สามารถในการนำไฟฟ้าได้สูง

กรมทรัพย์สินทางปัญญา กระทรวงพาณิชย์