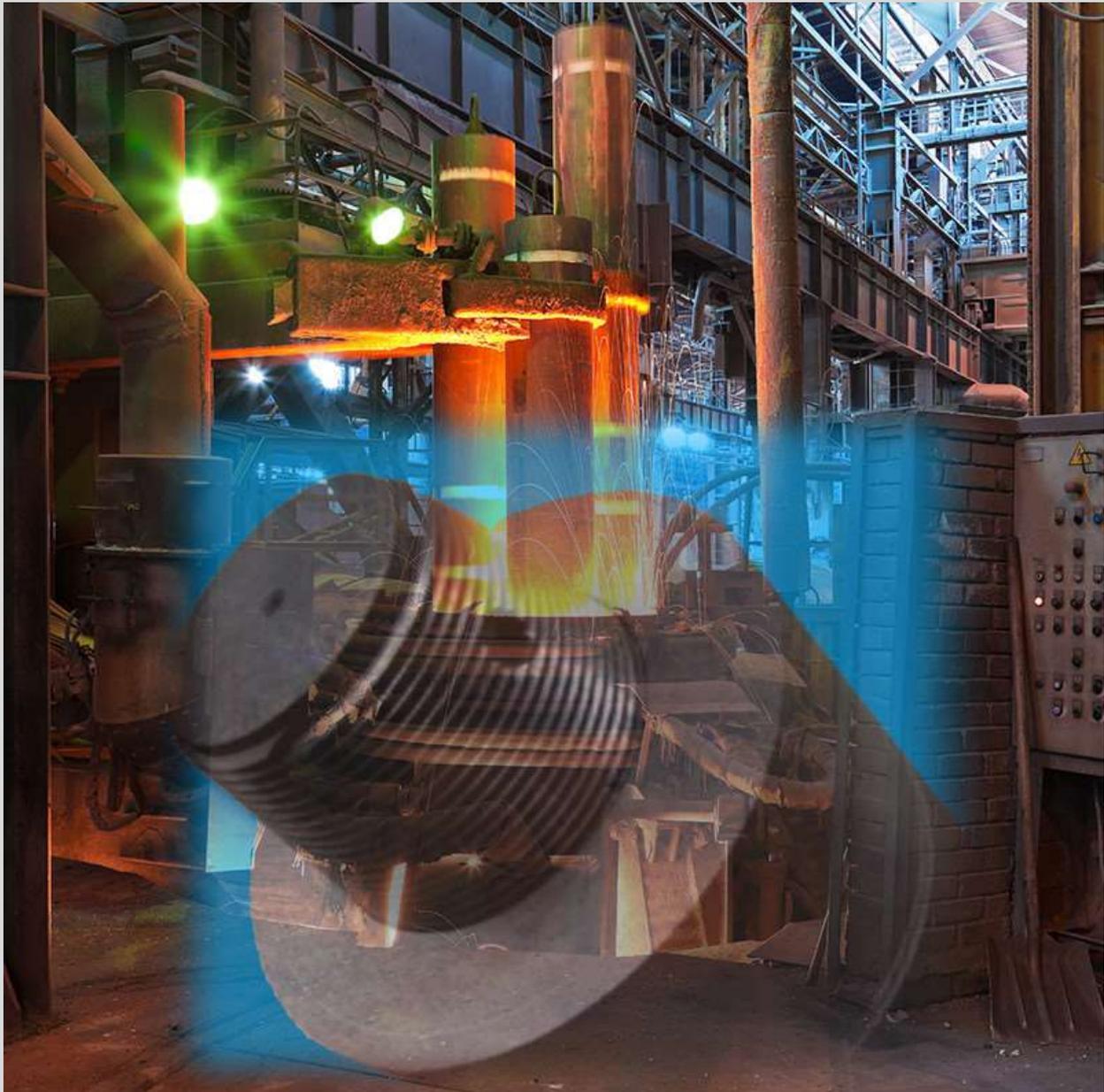


Graphit in der Industrie (Ausgabe: Sekundärmetallurgie)



CGC KLEIN
Talstrasse 60
57076 Siegen
Germany

Tel.: +49 (0)271 313 00 71
Fax: +49 (0)271 48099950
Mail: info@cgc-klein.de
URL: www.cgc-klein.de

Leistungsspektrum

Graphitelektroden



Elektroden



Nippel

Elektroden-Qualitäten:

RP: „Regulär Power“-Graphitelektroden werden durch hochwertigen Petrolkoks und Pechkohle aus der petrochemische Produktion hergestellt. Der Produktionsprozess besteht aus: Kalzinieren des Graphits, Kneten, Formen, Sintern, Graphitisierung und Bearbeitung. Die Nippel werden durch zusätzliche Imprägnierung und zweimaliges Sintern hergestellt.

HP: „High-Power“-Graphitelektroden werden durch qualitativ hochwertigen Petrolkoks, aus der petrochemischen Produktion, sowie Nadelkoks und modifizierter Pechkohle als Rohstoffe hergestellt. Der Produktionsprozess besteht aus: Kalzinierung, Kneten, Formen, Sintern, Hochdruck-Imprägnierung, zweites Sintern, Graphitisierung und Bearbeitung. Die Nippel werden durch zweimaliges Imprägnieren mit Nadelkoks und dreimal Sintern hergestellt.

UHP: „Ultra-High-Power“-Graphitelektroden werden durch qualitativ hochwertigen Nadelkoks und modifizierter Pechkohle als Rohstoffe hergestellt. Der Produktionsprozess besteht aus: Kalzinierung, Kneten, Formen, Sintern, Hochdruck-Imprägnierung, zweites Sintern, Graphitisierung und Bearbeitung. Die Nippel werden durch dreimaliges Imprägnieren mit Nadelkoks und viermal Sintern hergestellt.

**ELEKTROGRAPHIT
GRAPHIT-ELEKTRODEN
- PHYSIKALISCHE DATEN -**

Qualität / Grade		<u>RP</u>	<u>HP</u>	<u>UHP</u>
SPZ. ELEKT. WIDERSTAND / SPC. ELECTR. RESISTANCE $\mu \Omega \text{ m}$	Elektrode / Electrode Nippel / Nipple	7,5 – 8,5 6,5 – 7,0	5,2 - 6,8 4,8 - 5,2	4,8 – 5,6 3,6 – 4,5
BIEGEBRUCHFESTIGKEIT / FLEXURAL STRENGTH MPa	Elektrode / Electrode Nippel / Nipple	7,8 - 8,5 $\geq 13,0$	$\geq 11,0$ $\geq 16,0$	$\geq 11,0$ $\geq 18,0$
E-MODL / MODULUS OF ELASTICITY GPa	Elektrode / Electrode Nippel / Nipple	$\leq 9,3$ $\leq 13,0$	$\leq 11,0$ $\leq 15,0$	$\leq 13,0$ $\leq 17,0$
ASCHEGEHALT ASH CONTENT %	Elektrode / Electrode Nippel / Nipple	$\leq 0,3$	$\leq 0,3$	$\leq 0,3$
DICHTE / DENSITY g/cm ³	Elektrode / Electrode Nippel / Nipple	1,55 - 1,60 1,63 - 1,68	1,63 - 1,70 1,73 - 1,79	1,65 - 1,72 1,75 - 1,82
THERM. AUSDEHNUNG / THERM. EXPANSION $\text{k}^{-1} \times 10^{-6}$	Elektrode / Electrode Nippel / Nipple	$\leq 2,9$ $\leq 2,8$	$\leq 2,4$ $\leq 2,2$	$\leq 1,5$ $\leq 1,4$
MITTL. KORNGRÖSSE AVER. GRAIN SIZE mm	Elektrode / Electrode Nippel / Nipple	$> 0,8$	$> 0,8$	$> 0,8$
Zulässiger Strom Allowable Current				
Ø 200 – 300 mm	A A/cm ²	10000 - 13000 15 - 21	13000 - 17400 17 - 24	13000 - 22000 20 - 30
Ø 350 – 600 mm	A A/cm ²	13500 - 32000 14 - 19	17400 - 58000 15 - 23	20000 - 72000 19 - 24
Ø 780 – 1400 mm	A A/cm ²	57000 - 108000 12 - 8	-	-

Angegebene Daten sind Mittelwerte, welche sich geringfügig verändern können.
The values of physical properties shown above are approximate, which can be less changable

Elektroden Durchmesser und Toleranzen nach IEC-Norm*

Einheit: mm

Nenn Durchmesser		Realdurchmesser			Nennlänge
Inch	mm	Max.	Min.	Zul. Flachstellen	
8"	200	205	200	197	1600/1800
9"	225	230	225	222	1600/1800
10"	250	256	251	249	1600/1800
12"	300	307	302	299	1600/1800/1900/2000
14"	350	357	352	349	1600/1800/1900/2000/2200
16"	400	409	403	400	1600/1800/1900/2000/2200/2400
18"	450	460	454	451	1600/1800/1900/2000/2200/2400
20"	500	511	505	502	1800/1900/2000/2200/2400
22"	550	562	556	553	1800/2000/2200/2400
24"	600	613	607	604	2000/2200/2400/2700
26"	650	663	657	654	2400/2700/3000
28"	700	714	708	705	2400/2700/3000

Elektrodenlängen und Toleranzen nach IEC-Norm*

Einheit: mm

Nennlänge	Standardlängen-Toleranz		Untерlängen (je Lieferung bis zu 15% zulässig)	
	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum
1600	+75	-100	-100	-275
1800	+75	-100	-100	-275
1900	+75	-100	-100	-275
2000	+75	-100	-100	-275
2200	+75	-125	-100	-275
2400	+75	-125	-100	-275
2700	+150	-150	-150	-300
3000	+150	-150	-150	-300

*IEC-Norm 60239:2005

Weitere Abmessungen auf Anfrage

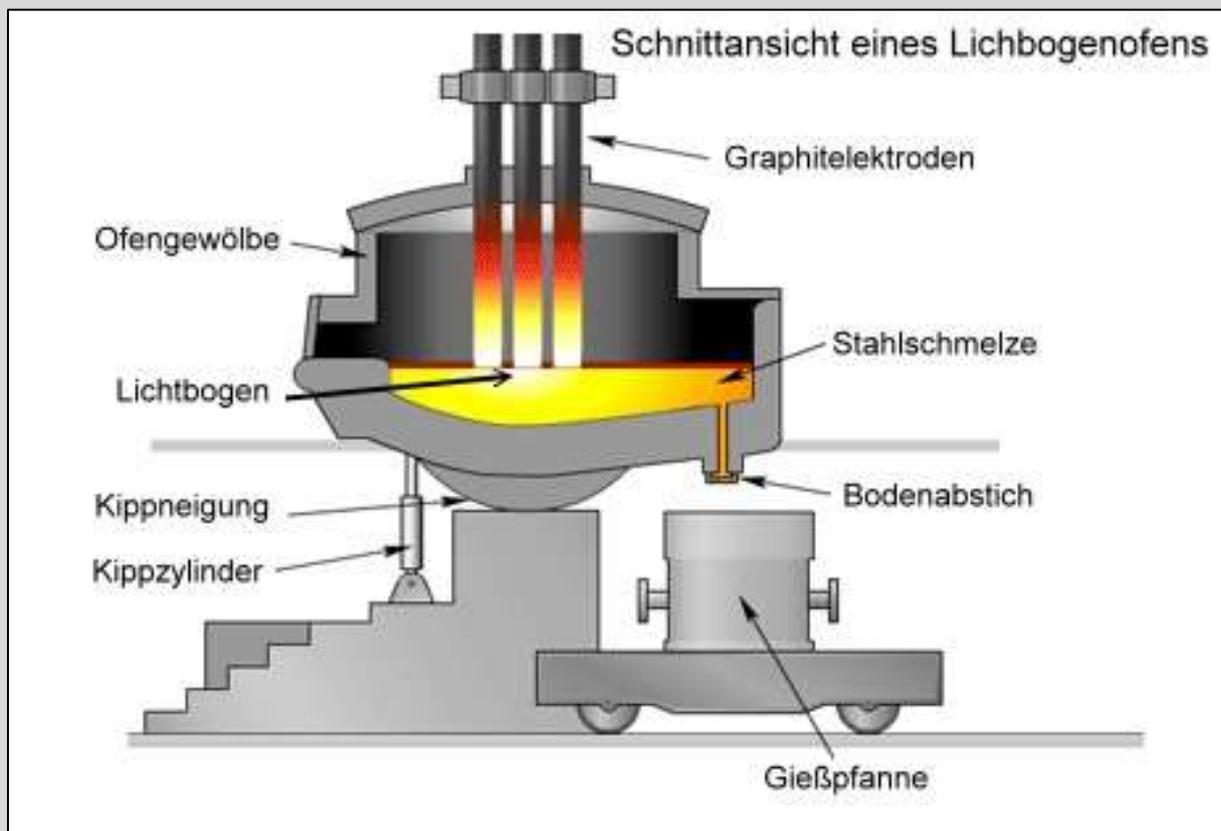
Doppelkonische Nippel und Schachtel nach IEC-Norm* Einheit: mm

Durchmesser			Nippel				Schachtel		
			D	d2	L	Neigung	d1	H	Steigung
			Toleranzen			≤	Toleranzen		≤
Gewinde	mm	Inch	(-0.30~0)	(-0.30~0)	(-1~0)	7	(0~0.3)	(0~7)	8.47
3TPI	225	9"	139.70	91.22	203.20		7	141.22	
	250	10"	155.57	104.20	220.00	157.09		116.00	
	300	12"	177.16	117.39	270.90	148.68		141.50	
	350	14"	215.90	150.48	304.80	217.42		158.40	
	400	16"	215.90	150.48	304.80	217.42		158.40	
	400	16"	241.30	170.23	338.70	242.82		175.30	
	450	18"	241.30	170.23	338.70	242.82		175.30	
	450	18"	273.05	199.17	355.60	274.57		183.80	
	500	20"	273.05	199.17	355.60	274.57		183.80	
	500	20"	298.45	221.73	372.60	299.97		192.20	
	550	22"	298.45	221.73	372.60	299.97		192.20	
	600	24"	336.55	245.73	457.30	338.07		234.60	
3TPIL	350	14"	215.90	144.85	338.70	7	217.42	175.30	8.47
	400	16"	241.30	167.43	355.60		242.82	183.80	
	450	18"	273.05	182.23	457.30		274.57	234.60	
4TPI	200	8"	122.24	81.48	177.80	7	115.92	94.90	6.35
	225	9"	139.70	98.94	177.80		133.38	94.90	
	250	10"	152.40	109.52	190.50		146.08	101.30	
	300	12"	177.80	130.69	215.90		171.48	114.00	
	350	14"	203.20	149.74	254.00		196.88	133.00	
	400	16"	222.25	160.32	304.80		215.93	158.40	
	450	18"	241.30	179.37	304.80		234.98	158.40	
	500	20"	269.88	199.49	355.60		263.56	183.80	
	550	22"	298.45	228.06	355.60		292.13	183.80	
	600	24"	317.50	247.11	355.60		311.18	183.80	
	650	26"	355.60	268.27	457.20		349.28	234.60	
	700	28"	374.65	287.32	457.20		368.33	234.60	
4TPIL	300	12"	177.80	124.34	254.00	7	171.48	133.00	6.35
	350	14"	203.20	141.27	304.80		196.88	158.40	
	400	16"	222.25	151.86	355.60		215.93	183.80	
	450	18"	241.30	170.91	355.60		234.98	183.80	
	500	20"	269.88	182.55	457.20		263.56	234.60	
	550	22"	298.45	211.12	457.20		292.13	234.60	
	600	24"	317.50	230.17	457.20		311.18	234.60	
	650	26"	355.64	251.38	558.80		349.28	285.40	
	700	28"	374.65	270.39	558.80		368.33	285.40	

*IEC-Norm 60239:2005

Allgemein

Graphitelektroden werden für die Herstellung von Stahl aus Schrott in elektrisch beheizten Lichtbogenöfen (ca. 3 Mio t p. a. weltweit) verwendet. In diesen Öfen tragen gezündete Lichtbogen zwischen Graphitelektroden die zum Aufschmelzen des Metalls erforderliche Energie in sehr kurzer Zeit ein. Die Elektroden sind dabei extremen Temperaturspitzen und Temperaturgradienten ausgesetzt. Die Reduktion von Oxiden am Graphit, die Lösung von Kohlenstoff in der Stahlschmelze sowie die Oxidation des Graphits an der Luft führen in dieser Anwendung zu einem kontinuierlichen Verbrauch der Elektroden.



Graphitrohlinge



Graphitelektroden, bearbeitet

Herstellungsprozess (1/2)

Rohstoffe

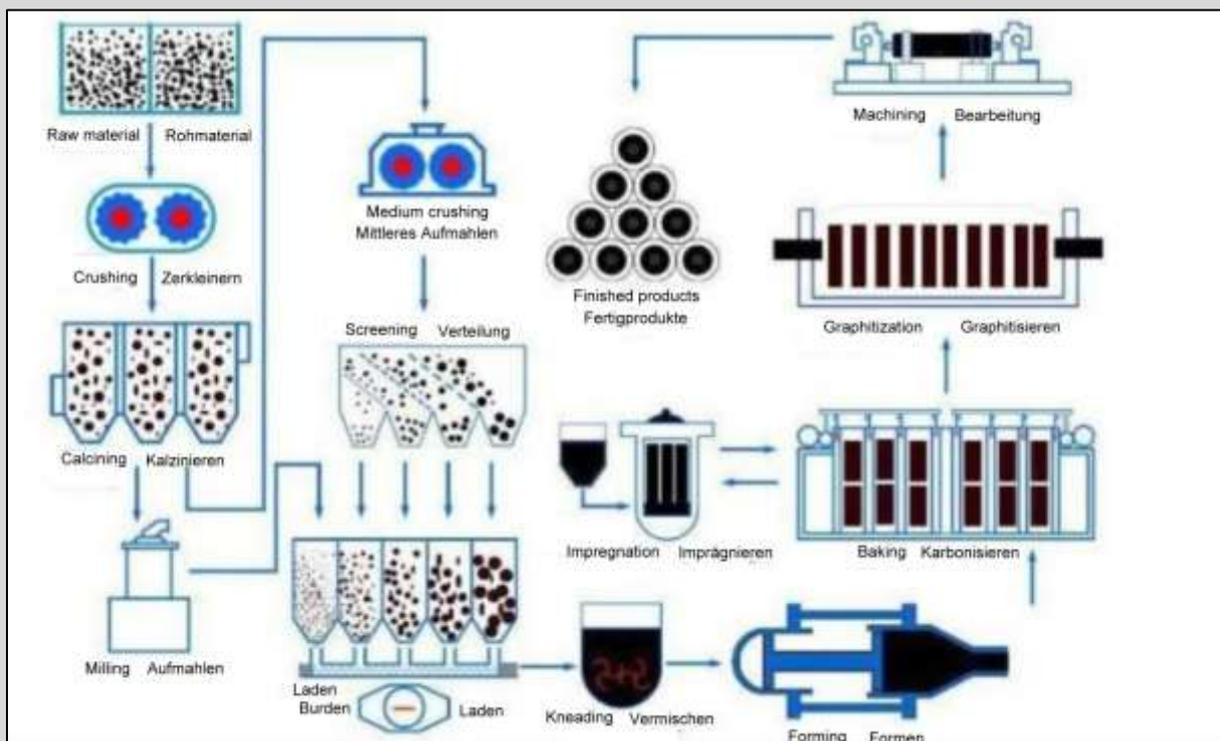
Unterteilt werden die zu verwendende Rohstoffe in sogenannte Füllstoffe und Bindemittel. Als feste Rohstoffe (Füllstoffe) dienen Graphite, Kokse und Ruße. Mengenmäßig ist Petrolkoks der mit Abstand wichtigste Füllstoff. Für seine Herstellung werden Destillationsrückstände des Erdöls in großen Mengen verkokt. Als Bindemittel dienen modifizierte Petrolpeche oder Steinkohlenteerpeche.

Rezeptierung

Die spezifischen Eigenschaften jedes Füllstoffs (Art und Korngröße), deren Anteile in der Rezeptur sowie Art, Menge und Zustand des Bindemittels bestimmen im Wesentlichen die Eigenschaften des Fertigprodukts. So steigen z.B. die elektrische und die thermische Leitfähigkeit eines Werkstoffs mit zunehmendem Graphitanteil im Rohstoff, während Härte und Elastizitätsmodul abnehmen.

Neben den anwendungstechnischen Eigenschaften sind in der Rezepturentwicklung auch die Fertigungstechnik und insbesondere die Abmessungen der Produkte zu beachten. So sind z.B. Graphitelektroden für die Stahlindustrie mit einem Durchmesser > 500 mm und einer Länge von ca. 4 m nur herstellbar, wenn die Rohlinge im Glühprozess nur wenig Schwund zeigen. Hierfür braucht es geringe Mengen Bindemittel mit einem hohen Koksrückstand.

Herstellungsablauf Graphitelektroden



Herstellungsprozess (2/2)

Mischungsaufbereitung und Formgebung

Die Füllstoffe müssen mit den Bindemitteln intensiv und homogen vermischt werden. Dies geschieht bei erhöhter Temperatur (150 – 300 °C) entweder im Chargenbetrieb in Knetmaschinen oder auch kontinuierlich auf Doppelschneckenextrudern. Wichtige Kriterien sind neben dem Vermischen eine gute Benetzung der Füllstoffpartikel und eine Konditionierung des Bindemittels. Nach dem Mischen teilen sich die Fertigungsprozesse je nach Größe der Rohlinge und dem zgedachten Einsatzgebiet der Werkstoffe auf:

Für große Bauteile (Elektroden) aus grobkörnigen Werkstoffen wird die noch heiße Mischung durch Extrusion oder Vibrationsverdichten in Form gebracht. Für kleinere Bauteile und Werkstoffe mit besseren mechanischen Eigenschaften wird die Mischung nochmals aufgemahlen und anschließend auf hydraulischen oder isostatischen Pressen zu Grünkörpern verpresst.

Glühen

Das Glühen der Grünkörper unter Sauerstoffabschluss bei Temperaturen von bis zu 600–1200 °C wandelt das Bindemittel in Kohlenstoff um. Die Aufheizraten sind präzise an die Produkte angepasst. Während des Glühens bildet das Bindemittel eine Koksmatrix. Dieser Prozess wird von der Abspaltung flüchtiger Bestandteile begleitet. Das setzt ein Porensystem (d.h. Zwickel zwischen Füllstoff und/oder Mischungspartikel), über das die flüchtigen Bestandteile aus dem Bauteil entweichen können voraus. Daher verfügen praktisch alle Kohlenstoff- und Graphitwerkstoffe über ein offenes Porenvolumen von 10–20 %.

Graphitierung

Eine Hochtemperaturbehandlung von geglühtem Material im Temperaturbereich von 1800–3000 °C führt zu zwei wesentlichen Änderungen: Zum einen nimmt die Größe und die Perfektion einzelner Graphitkristallite zu und zum anderen wird der Werkstoff immer reiner, da nahezu alle Verunreinigungen verdampfen. Gleichzeitig sorgt der Graphitierungsprozess für eine verbesserte thermische und elektrische Leitfähigkeit und Oxidationsbeständigkeit. Die mechanischen Eigenschaften, insbesondere Härte und Elastizitätsmodul, nehmen dagegen ab.

Imprägnierung

Durch Imprägnierung mit Flüssigpech wird das entstandene Porensystem der geglühten und graphitierten Elektroden aufgefüllt. Dieser Imprägniervorgang mit anschließender erneuter Graphitierung dichtet einerseits die Elektrode ab und steigert zudem ihre Festigkeit. Je nach Anwendungsgrad kann dieser Vorgang mehrmals wiederholt werden.

Bearbeitung

Die Rohkörper werden auf CNC-Bearbeitungsmaschinen zu ihrer Verwendungsgröße bearbeitet. Dabei werden in jede Stirnseiten der Elektrodenkörper eine „Schachtel“ mit definiertem Gewinde eingedreht und aus einem kleineren Rohkörper „Nippel“ mit entsprechendem Gegengewinde als Verbindungselemente hergestellt.