

# Booglassen met beklede elektroden:



## technologie van een eeuw oud maar nog brandend actueel

Sinds het einde van de 19e eeuw heeft het elektrisch lassen een bijzondere vlucht genomen. De methode heeft zich vanuit de reparatiewereld snel een weg gebaand naar het lassen van grote constructies, machinebouw en scheepswerven. De grote vooruitgang is voornamelijk te danken aan de snelle ontwikkeling van beklede elektroden. In de wereld van het smellassen neemt het elektrodelassen tot op de dag van vandaag nog steeds een belangrijke plaats in.

En wat opvalt: de technologie is in de afgelopen eeuw nauwelijks veranderd.

door Tim Buyle, met dank aan Fred Neessen en Harm Meelker, Lincoln Smitweld

Tot het einde van de 19de eeuw kon alleen de smid voldoende warmte concentreren op één plaats, daar waar hij een verbinding wilde maken, door er gloeiende kolen op te leggen. Maar voor het smellassen, zoals we dat vandaag kennen, zijn veel hogere temperaturen nodig. In 1801 publiceerde Sir Humphry Davy een wetenschappelijk artikel over de eigenschappen van een elektrische boog tussen twee staven van grafiet. Het was een rareit in de wetenschap, die toen nauwelijks begrepen werd. De hitte die vrijkomt in de boog is zo intens, dat al snel de gedachte kwam om de elektrische boog als warmtebron te gaan gebruiken voor het solderen. In 1881 verkreeg de Auguste De Méritens een patent voor het elektrisch (soldeer)lassen. Een methode die toen uitsluitend gebruikt werd voor het verbinden van loden platen bij de vervaardiging van batterijen.

### Het elektrisch vlambooglassen

Het eerste echte praktische smeltlasproces, waarbij gebruik gemaakt werd van een elektrische vlamboog tussen een grafietelektrode en een werkstuk, is toe te schrijven aan de Russen Nikolai N. Benardos en Stanislav Olszewski, die in die tijd samenwerkten met De Méritens. Zij verkregen in 1885 een patent in Engeland en in 1887 in Amerika. Het patent omvat onder meer de eerste elektrodehouder. Om de ogen te beschermen maakte Benardos gebruik van een gekleurde glasplaat. Het proces kreeg de naam 'Electrogefest', naar de Griekse god van het vuur, Hephaestos. De hitte van de boog bracht het metaal op de plaats van verbinding tot smelten en wanneer de boog weggetrokken werd, vloeide de warmte weg in het werkstuk waardoor het smeltbad begon te stollen. Op die manier kwam de eerste smeltlasverbinding tot stand.

### Lassen met afsmeltende elektrode

Een paar jaar na de ontwikkeling van het koolbooglassen werd de niet-afsmeltende grafietelektrode in 1890 door C.L. Coffin in de Verenigde Staten vervangen door een (blanke) metalen staaf. In dezelfde periode bedacht Nikolai Slavjanov een gelijkaardige methode om lasmetaal over te brengen door middel van een elektrische vlamboog. De metalen staaf smolt tijdens het lassen geleidelijk af en vervulde naast de functie van elektrode ook die van toevoegmateriaal. Dit proces ligt aan de basis van het booglassen met beklede elektroden, zoals we dat nu nog steeds toepassen.

### De beklede elektrode

Zowel bij het elektrisch lassen met de grafietelektrode als met de metalen staaf werd al snel duidelijk dat het lasmetaal bros werd wanneer gelast werd met een lange vlamboog. Dit werd destijds toegeschreven aan een reactie

tussen het gesmolten metaal met zuurstof en stikstof uit de omgevingslucht. Dit probleem werd opgelost dankzij de intrede van de beklede elektrode. De ontwikkeling van de beklede elektrode ontstond echter vooral vanuit de zoektocht naar het verbeteren van de elektrische eigenschappen van de vlamboog. In 1908 verkreeg Oscar Kjellberg het Duitse patent (nr. 231733) voor een elektrode voor het elektrisch solderen. Een jaar later paste hij de techniek toe op elektroden voor het elektrisch lassen. Hij wordt sindsdien erkend als de uitvinder van de beklede elektrode. Rond diezelfde tijd, in 1911, ontwikkelde Arthur P. Strohmenger een staafelektrode die omwikkeld was met asbestkoord gedompeld in natriumsilicaat, die de functie vervulde van bekleding. Het bleek een goed lasbare elektrode te zijn. Asbest werd nog vele jaren veelvuldig toegepast als grondstof voor beklede elektroden, totdat het door de wetgever verboden werd.

### Scepticisme en geheimdoenerij

Hoewel de principes van het elektrisch vlambooglassen bekend waren, bleef de ontwikkeling ervan achter door een gebrek aan belangstelling, dat in hoofdzaak toegeschreven kan worden aan het ontbreken van geschikte stroombronnen in die tijd. Daarnaast stond men er zo sceptisch en soms zelfs wantrouwend tegenover, dat men over het elektrisch vlambooglassen minachtend sprak als 'bakken' of 'braden'.

Net voor het begin van de Eerste Wereldoorlog ontwikkelde Siemens een gelijkstroomdynamo specifiek voor het elektrisch lassen. Deze doorbraak heeft de verdere ontwikkeling van het elektrodelassen geen echte duw in de rug kunnen geven. Het toepassingsgebied beperkte zich hoofdzakelijk tot reparaties en minder belangrijke constructies. Bovendien werd de kennis en ervaring door de uitvoerende bedrijven meestal geheim gehouden, met uitzondering van Zweden, waar Oscar Kjellberg de techniek uitvoerig toepaste voor het herstellen van schepen en stoomketels. Ook mag niet worden vergeten dat het autogeen lassen, dat snel ontwikkeld werd na de ontdekking van de verbranding van zuurstof en acetyleen door Henry

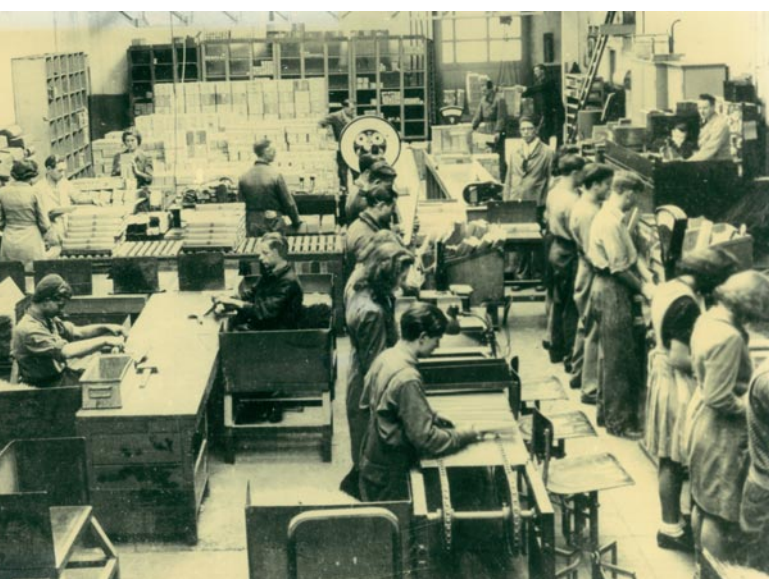
De verdere doorbraak van de beklede elektrode is te danken aan het feit dat sinds 1930 grote fabrieken en werven op ruime schaal lassers opleidden, zodat in vrij korte tijd een grote groep bekwame vakmensen werd gevormd.



Louis Le Châtelier in 1895, een grote voorsprong kende op het elektrisch lassen. De eerste industriële autogeënbranders waren al sinds 1906 op de markt.

**Een volwaardig procedé**

Het elektrisch lassen haalde zijn achterstand op het auto-geen lassen vanaf 1920 snel in. Door de verdere ontwikkeling van de beklede elektroden nam de kwaliteit van het laswerk aanzienlijk toe en steeg de waardering voor het procedé. In tegenstelling tot het koolbooglassen, bleken beklede elektroden goed lasbaar op wisselstroom. In 1923 kwam dan ook de eerste lastransformator op de markt: een goedkopere stroombron dan de tot dan gebruikte gelijkstroomdynamo. Vanaf dat moment zou het elektrisch lassen met beklede elektroden snel verder terrein winnen. Elektroden voor het lassen van zacht staal en koperlegeringen waren reeds beschikbaar en hadden een typische lengte van ongeveer een derde van een meter. Tegen 1930 was het proces goed ingeburgerd geraakt in de industrie. In Amerika werd het proces 'shielded metal arc' gedoopt, om het onderscheid te maken met zijn voorganger, het lassen met blanke staven. In Europa raakte dit laatste proces zeer snel op de achtergrond, waardoor men hier de term 'manual metal arc' introduceerde om het onderscheid te maken met de latere ontwikkeling van het MIG/MAG-lassen. De verdere doorbraak van de beklede elektrode is te danken aan het feit dat sinds 1930 grote fabrieken en wer-ven op ruime schaal lassers opleidden, zodat in vrij korte tijd een grote groep bekwame vakmensen werd gevormd.



Het handmatig verpakken van elektroden bij Smit Las, 1950. Bron: Lincoln Smitweld.

**Ontwikkeling van de bekleding**

In 1927 patenteerde John J. Chyle de allereerste volledig geëxtrudeerde elektrode met een mantel van cellulose en titaandioxide (rutiel). Dit type werd later geclassificeerd

als E6010; nog steeds een populaire elektrode voor het lassen van pijpleidingen. In 1938 werd het principe van het zwaartekrachtlassen geïntroduceerd door K.K. Mad-son in Denemarken. Enkele jaren later verscheen een eer-ste basische elektrode op de markt, met daarin kalksteen en het mineraal vloeispaat. Tijdens de Tweede Wereld-oorlog werd dit type zowel in Duitsland als in de Ver-enigde Staten op grote schaal gebruikt voor het lassen van pantserstaal. Het was een alternatief voor de austenitische toevoegmaterialen die toen gebruikt werden, maar amper beschikbaar waren door tekorten aan chroom en nikkel tijdens de oorlog. Door de razendsnelle ontwikkelingen van bekledingen voor elektroden was er behoefte aan uni-versale classificaties. Op basis van de chemische samen-stelling van de bekleding werden elektroden in volgende groepen opgedeeld: cellulose types, ijzererts type of zure elektrode, rutiele en rutiel-cellulose types, basische types (laag waterstof) en de ilmeniet types. Tegenwoordig zijn de classificaties verder verfijnd en gemoderniseerd, maar vinden we nog steeds vrijwel alle soorten bekledingen wel ergens in de wereld terug. Hier en daar vinden we nog bij-zondere bekledingen zoals oxidische mantels voor het las-sen van laag siliciumhoudend staal, zuiver slakvormende omhullingen voor het (voor)verwarmen, bekledingen met sterke blaaswerking voor het snijden en gutsen, en zelfs vochtresistente types voor het nat onderwaterlassen.



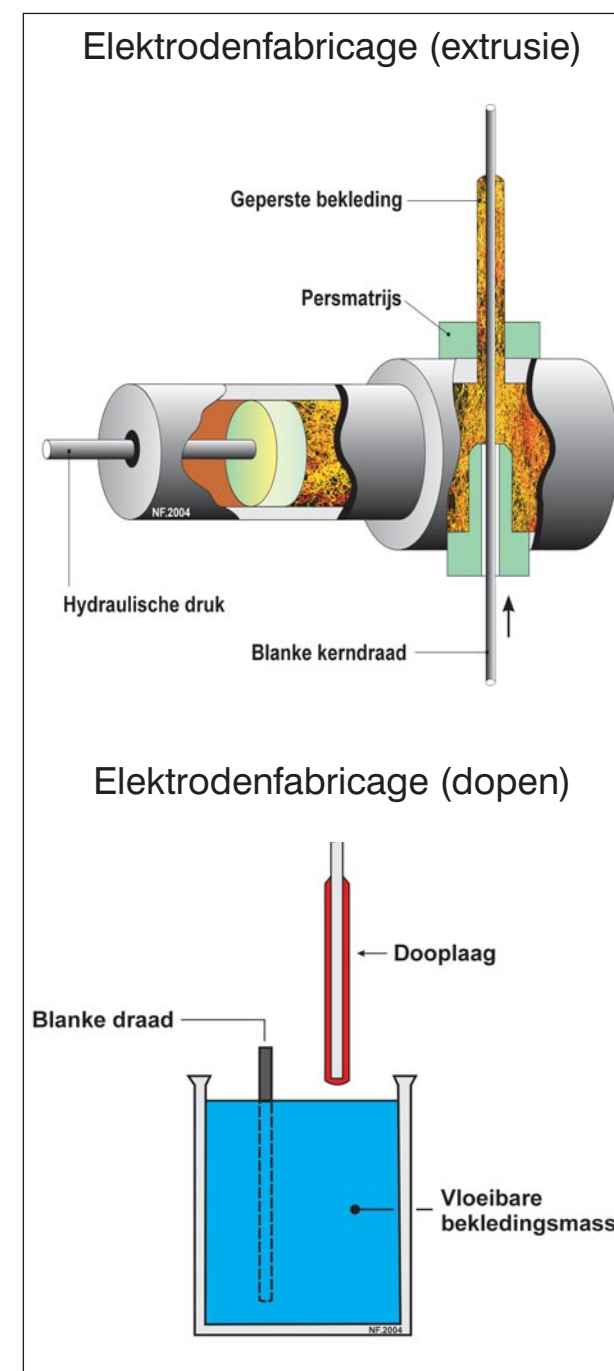
Perserij elektrodenfabriek 1954. Bron: Boekwerk van Willem Smit & Co's transformatorfabriek N.V. Nijmegen, eigendom van Lincoln Smitweld, Nijmegen.

**Fabricage van beklede elektroden**

Er bestaan twee manieren om een bekleding (mantel) aan te brengen op een kerndraad: door dompelen of door ex-trusie. Het extrusieproces is zeer snel en economisch en leidt tot een sterke, uniforme en concentrische mantel en heeft daarmee het dompelproces in grote mate verdrongen.

De dompelmethode lijkt op de fabricage van kaarsen. Een aantal kerndraden wordt via een klem-inrichting verticaal gedompeld in een bad vloeibare flux. Na een of meerdere keren dompelen, afgewisseld door droogperiodes, wordt de gewenste dikte van de bekleding bereikt. Deze methode wordt nu nog uitsluitend gebruikt voor de fabricage van specifieke elektrodes voor het oplassen van slijtvaste lagen (holle elektrodes, gevuld met carbiden die niet extrudeerbaar zijn).

Bij het extrusieproces worden alle ingrediënten van de mantel gemengd met een bindmiddel (dikwijls waterglas) en tot een dikke, viskeuze pasta verwerkt. Deze pasta wordt vervolgens tot een cilinder samengedrukt, waarna ze in de extrusiepers wordt geplaatst. De kerndraad en de



pasta worden simultaan onder hoge druk door een ope-ning naar buiten geperst, waardoor de bekleding om de draadelektrode wordt aangebracht. De technologie van het extruderen en de persbaarheid van elektroden werd door verschillende fabrikanten tientallen jaren in detail bestudeerd. Dit heeft rond de jaren 60 onder meer geleid tot een bijzonder patent in Zwitserland (patent nr. 349354) als basis voor de fabricage van dubbelmantel-elektroden. In één persbeweging konden simultaan twee bekledingen concentrisch worden aangebracht. Deze elek-troden kennen we nu nog steeds en nemen een bijzondere plaats in bij de basische types.

**Toekomst**

De ontwikkeling van andere lasprocessen, zoals het MIG/MAG-lassen, TIG-lassen en onderpoederlassen heb-ben het marktaandeel van de beklede elektrode aanzienlijk teruggedrongen, vooral in sterk geïndustrialiseerde lan-den. Toch blijft het lassen met beklede elektroden popu-lair, bij zowel de constructie als in de wereld van het reparatielassen. De grote flexibiliteit van het proces en de beperkte investeringskosten zijn daarbij de belangrijkste troeven. En hoewel het aanbod elektroden voor de klas-sieke staalsoorten sterk is gerationaliseerd door de elek-trodefabrikanten, worden er nog steeds nieuwe types ontwikkeld voor moderne legeringen en speciale toepas-singen. De 'goede oude' beklede elektrode behoudt een be-langrijke plaats in de moderne laswereld, die intussen meer dan 100 andere lasprocessen kent. De knepen van het vak worden nog steeds bijgebracht aan de leerling-las-ser. En nog steeds worden elektroden gefabriceerd op een manier die nauwelijks veranderd is sinds het begin van de ontwikkeling. En dat is uniek!

Linksboven: schematische voorstelling van het produceren van beklede elektroden door middel van extrusie, Fred Neessen®.

Linksonder: het principe van het dopen van elektroden, Fred Neessen®.

Historische doopelektroden (onder).

