

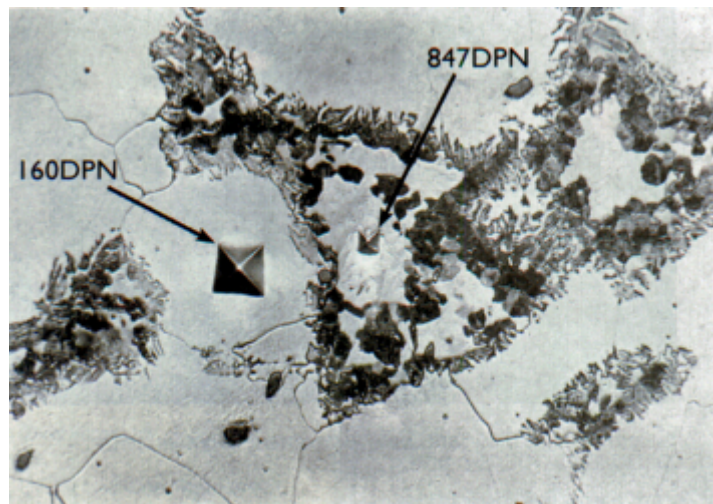
# Mechanische beproeving

## Hardheidsbeproeving

### Deel 2 - Micro-hardheidsmetingen en methoden met draagbare apparatuur.

In de vorige aflevering van Laskennis Opgefrist zijn de conventionele Brinell- en Vickersmethoden behandeld. In dit tweede deel komen de micro-hardheidsmetingen en de portabelmethoden aan de orde. Deze methoden vinden hun toepassingen in het onderzoek naar metallurgische problemen in lasverbindingen, als wordt vereist dat er hardheidsmetingen worden uitgevoerd in de soms zeer smalle warmtebeïnvloede zones. Ook vinden ze hun toepassingen als bij onderdelen die tijdens het in bedrijf zijn van installatie getest moeten worden of in situaties waarbij de constructies te groot zijn om in laboratoria te onderzoeken.

Micro-hardheidstesten kunnen worden uitgevoerd met één van de drie gebruikelijke methoden: de Knoop-, de Vickers- en de ultrasoon micro-hardheidsmeting. Bij de Knoop- en de Vickers-meting wordt de grootte van de indrukking gemeten die is veroorzaakt door een onder constante belasting aangebracht indruklichaam op het proefstukoppervlak. Veel nieuwe testapparaten maken momenteel gebruik van een belastingcelsysteem.



Figuur 1 - Micro-hardheidstestpreparaat met verschillende indrukkingen. De hardheid is uitgedrukt in DPN (Diamond Pyramid Number).

De Knoop-methode maakt gebruik van een piramidevormig indruklichaam en geeft een langgerekt diamantvormige indrukking, waar de verhouding van de zijden ongeveer 7:1 is. De Knoop-test wordt in Europa niet veel toegepast, omdat de Vickers-methode hier de voorkeur heeft. De Vickers-test is in de vorige uitgave van Laskennis Opgefrist beschreven.

De belasting die wordt gebruikt bij de micro-hardheidstest varieert van 1 gram tot 1 kilogram en geeft een vervorming die moet worden gemeten met behulp van een microscoop, waarbij de vergroting oploopt tot honderd keer. Moderne apparaten hebben tegenwoordig een beeldanalysesysteem waardoor dit proces wordt geautomatiseerd.



Figuur 2 - Equotip-test.

Bij de ultrasoonhardheidstest wordt niet de vervorming opgemeten om tot een hardheidswaarde te komen, maar brengt men een metalen staaf in trilling met aan het uiteinde een Vickers-diamant. Door middel van een piëzo-elektrische omvormer wordt de staaf in een bepaalde frequentie gebracht om vervolgens, onder een lichte belasting, contact te

maken met het oppervlak van het proefstuk. De resonantiefrequentie die gaat optreden, is afhankelijk van de mate van vervorming aan het oppervlak. Deze frequentieverandering wordt gemeten en omgezet naar een hardheidswaarde. De grootte van de vervorming is zeer klein en daarom wordt deze testmethode beschouwd als een niet-destructieve onderzoeksmethode. Dit betekent dat voor veel toepassingen na het uitvoeren van de meting het oppervlak als niet beschadigd wordt beschouwd.

De micro-hardheidstest kent verschillende toepassingen variërend van metallurgisch onderzoek tot aan methoden voor kwaliteitscontroles. De test kan worden gebruikt om de hardheid te bepalen van verschillende microstructuren in een metaal (zie figuur 1). Daar waar vervormingen van het werkstuk niet zijn toegestaan, kan de micro-hardheidstest - en in het bijzonder de ultrasoon-test - worden toegepast als kwaliteitscontroletest. De micro-hardheidstest vindt verder nog zijn toepassing bij het testen van dunne folies, oppervlaktegeharde en ontkoolde onderdelen.

### Hardheidstesten met draagbare apparatuur

Hardheidstesten met draagbare apparatuur worden toegepast als grote onderdelen moeten worden getest tijdens bedrijfsomstandigheden. Voorbeelden hiervan zijn hardheidsmetingen die moeten bevestigen dat de juiste warmtebehandeling is uitgevoerd of dat lasverbindingen voldoen aan de hardheidseisen die gesteld worden door bijvoorbeeld NACE voor zuurtoepassingen. In principe zijn er drie methoden te onderscheiden: de dynamic rebound, de Brinell- of Vickersindrukking en de ultrasoon-test.

De Leeb-hardheidsmeting maakt gebruik van het dynamic rebound principe. Een hamerlichaam slaat op het oppervlak van het proefstuk en vervolgens wordt de hoogte van de terugslag gemeten. Dit is een maat voor de elasticiteit van het materiaal en dus ook van de hardheid. De Equotip-test werkt volgens dit principe (zie figuur 2).



Figuur 3 - Ultrasoon hardheidstest met een microdur unit.

Equotip is een handelsmerk van Proceq SA. De Equotip-tester bevat een buisje met daarin een veerbelaste hamer. Tijdens de uitvoering van de test wordt de hamer tegen de veerkracht ingedrukt en vervolgens wordt de stift op het testoppervlak geplaatst. Door op de ontgrendelknop te drukken, slaat de hamer op het werkstuk en schiet terug. Het resultaat is digitaal op het display af te lezen. Het is gebruikelijk om van vijf metingen het gemiddelde te nemen.

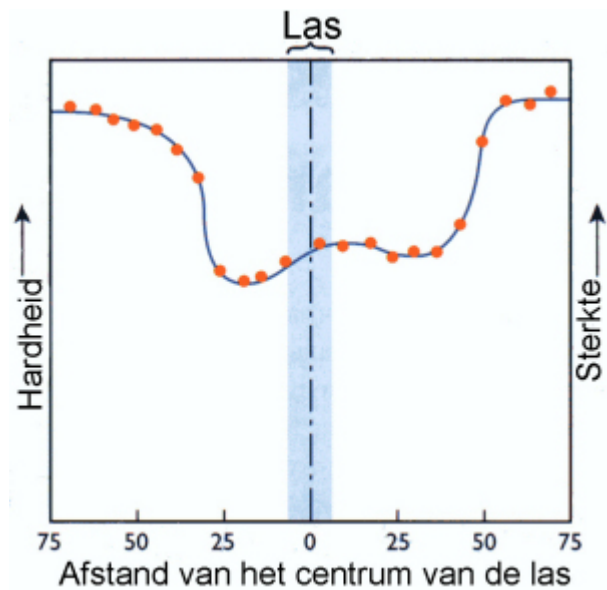
Voor het verkrijgen van een goed meetresultaat zijn de positie van de stift, de oppervlaktegesteldheid en de flexibiliteit van de apparatuur van groot belang. Het is bijna overbodig om te melden dat de vakkundigheid en de ervaring van diegene die de hardheidmeting uitvoert, van cruciaal belang is voor de uitkomst. Deze wordt gewoonlijk uitgedrukt in Vickers- of in Brinell-hardheid.

De overige typen portable apparatuur die worden gebruikt, werken gewoonlijk volgens het ultrasoonprincipe, zoals hiervoor beschreven. Een voorbeeld van een commercieel verkrijgbaar apparaat is de Microdur-unit van GE Inspection Technologies (zie figuur 3). Dit elektronische meetapparaat is zo te programmeren dat de hardheid kan worden afgelezen in verschillende grootheden zoals Vickers, Brinell of Rockwell. Al deze methoden van hardheid meten, vereisen regelmatig kalibreren van de apparatuur, goed opgeleide bedieners en juist geprepareerde oppervlakten. Hoewel er verschillende manieren zijn van hardheid meten, kunnen de resultaten met elkaar worden vergeleken en omgezet. In de NEN-EN-ISO 18265 staan conversietabellen voor toepassingen in verschillende staalsoorten, gietijzer en non-ferrometalen en hun legeringen.

## Resultaten

Tot slot zullen we in deze aflevering van Laskennis Opgefrist kijken naar een aantal veel betekenende resultaten. De hardheid heeft een relatie met de treksterkte; als de Vickers-waarde van koolstofstaal met 3,3 wordt vermenigvuldigd dan geeft dit een indicatie voor de treksterkte uitgedrukt in MPa ( $N/mm^2$ ). Door meerdere hardheidsmetingen dwars over de las en de warmte beïnvloede zones uit te voeren, wordt duidelijk dat er plaatselijk nogal wat variatie kan optreden in de treksterkte.

Figuur 4 toont de uitkomst van een hardheidstraverse zowel uitgedrukt in hardheidswaarden als in treksterkte van een lasverbinding uitgevoerd in een geharde aluminiumlegering. In koolstofstaal en andere laaggelegeerde staalsoorten waarbij de hardheid boven de 380 HV wordt gemeten, is een harde, brosse microstructuur ontstaan waardoor de kans op koudscheuren aanwezig is. Hierdoor zien we in de EN-ISO 15614 deel 1 deze waarde terug als maximaal toegestane hardheid ter goedkeuring van een lasprocedure voor laswerk in koolstofstaal.



Figuur 4 - Verloop van de hardheid en de sterkte over een las.

Relevante normen	
NEN-EN-ISO 6506	Hardheidsmetingen volgens Brinell
NEN-EN-ISO 6507	Hardheidsmetingen volgens Vickers
NEN-EN-ISO 6508	Hardheidsmetingen volgens Rockwell
NEN-EN-ISO 18265	Metalen - Conversie van hardheidswaarden
NEN-EN 1043-1	Hardheidsproeven voor booglasverbindingen
NEN-EN 1043-2	Micro-hardheidproeven voor gelaste verbindingen
NEN-ISO 22826	Hardheidsmetingen van smalle lasverbindingen door laser en elektronenbundel (Vickers en Knoop hardheidsmeting)
ASTM E 10	Brinell Hardness of Metallic Materials
ASTM E 140	Hardness Conversion Tables for Metals
ASTM E 110	Portable Hardness Testing
ASTM E 384	Microhardness Testing of Metallic Materials
ASTM E 103	Rapid Indentation Hardness Testing
ASTM E 18	Rockwell Hardness Testing
ASTM E 92	Vickers Hardness Testing of Metallic Materials

Deze aflevering in de rubriek 'Laskennis opgefrist' is een bewerking van 'Job Knowledge for welders Part 75' uit TWI Connect door Leo Vermeulen.

## **Inlichtingen**

Nederlands Instituut voor Lastechniek

Boerhaavelaan 40

2713 HX Zoetermeer

Website: [www.nil.nl](http://www.nil.nl)

e-mail: [info@nil.nl](mailto:info@nil.nl)

Informatie en advies van het NIL wordt verstrekt in goed vertrouwen en is gebaseerd op de huidige stand der technische kennis. Er kan geen garantie verleend worden aan de resultaten of effecten door toepassing van de informatie van deze website. Ook kan er geen verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid geaccepteerd worden voor iedere vorm van verlies of schade .