

Slijtageweerstand verhogen door cryo-behandeling en coatings op staal

11 september 2020, 02:00

Metalen zoals gereedschapsstaal kunnen voordeel halen uit een koude behandeling. Een nieuw project zal deze cryo-techniek toepassen op gehard werktuigstaal in combinatie met speciale coatings, om zo de standtijd na het ponsen drastisch te verhogen.

Dat het diepvriezen van eetwaren belangrijk is om de levensduur van deze producten te verlengen weet iedereen. Maar ook metalen kunnen bij een koude behandeling voordeel ondervinden, met name gereedschapsstaal. De uurwerkfabrikanten in Zwitserland wisten dit 100 jaar geleden al en konden hierdoor kwalitatieve uurwerken maken. Sirris wil deze techniek toepassen op gehard werktuigstaal om de standtijd na ponsen drastisch te verhogen. Hiertoe werd samen met het Fraunhofer Instituut een tweede Cornet-project van twee jaar opgestart om dit procedé in combinatie met speciale coatings toe te passen op ponsgereedschap.

DCT

De oorsprong van het diepkoelen ligt in de VS. In de voorbije eeuw werd gehard staal blootgesteld aan lage temperaturen, namelijk -196°C , wat het kookpunt is van vloeibare stikstof. Nadat stalen onderdelen terug op kamertemperatuur waren, stelde men na gebruik een verhoogde slijtageweerstand vast. De methode werd 'Deep Cryogenic Treatment' genoemd, afgekort DCT. In deze aanvangsperiode bestond er nog geen wetenschappelijke basis voor de vastgestelde verbetering van de slijtageweerstand. Men wist wel dat de behandeling de omzetting van restausteniet tot martensiet in gehard staal verhoogde, met een toename van de hardheid tot gevolg. Later werd meer fundamenteel metallurgisch uitgevoerd en kon aangetoond worden dat, naast de omzetting van restausteniet, ook andere fenomenen optreden. De vorming van speciale 'eta-carbiden' tijdens de ontlaadfase na het diepkoelen werd aanvankelijk ontkend, maar nadien bevestigd. Daarnaast treedt ook een verlaging van de interne spanning op in het geharde staal, waardoor de structuur als het ware gestabiliseerd is. Dit leidt ook tot geringere maatverandering, een probleem waarmee iedere warmtebehandelaar worstelt.

Hoewel het diepkoelen voor bepaalde toepassingen en staalsoorten succesvol is, werden ook gevallen geregistreerd waar geen gunstig effect werd bekomen. De oorzaak is nog niet duidelijk, maar mogelijks is het ontbreken van een 'gestandaardiseerde' procedure een ervan. Het positieve effect zal namelijk verminderen naarmate de tijd tussen het harden en het diepkoelen groter wordt (dit effect zal ook bestudeerd worden in het nieuwe project). Daarnaast kan men diepkoelen vòòr of na het afschrikken (harden) van het staal. Metallurgisch gezien kan er na ontlaten geen omzetting meer gebeuren tenzij een spanningsrelaxatie zoals hierboven vermeld.

Infiblack-project

De voorbije 10 jaar werd het diepkoelen wereldwijd bestudeerd, maar kreeg tot vandaag weinig respons vanuit de industrie. Nochtans zijn er, naast op staal, ook toepassingen bekend op gietijzer (bijv. remschijven voor Formule 1) en non-ferrometalen (bijv. koperen gitaarsnaren), waardoor diverse diepkoelbedrijfjes ontstonden. In België begon de firma Nitrotechnics uit Tubeke rond 2011, na een beperkt onderzoek samen met Sirris. Later, in 2013, werd met Nitrotechnics een eerste groot project uitgevoerd in samenwerking met het Fraunhofer Instituut in Duitsland. In 2014 werd CoolTech in Oostenrijk opgericht, met een filiaal in Nederland sinds 2019.

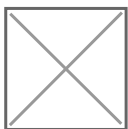
Het project Infiblack ('Increase of Lifetime for Fine Blanking tools') beoogde de standtijd van ponsen, bestaande uit diverse geharde werktuigstalen voor het fijnstansen van staalplaat. In het project werd duidelijk dat veel parameters een invloed kunnen hebben op de standtijd van stansen en ponsgereedschap. Mits het constant houden van enkele invloedparameters (ruwheid, speling, ...) werden positieve resultaten bekomen met stalen onderdelen die een diepkoeling hadden ondergaan (figuur 1). Deze hoopvolle resultaten hebben geleid tot de verderzetting van dit onderzoek in 2019.



*Voorbeeld van een toename van de levensduur bij ponsmatrijs
(Bron: Rapport project Infiblack 2013-2015)*

DCT4Cut-project

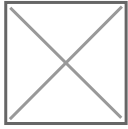
Naast de vele ponstesten uitgevoerd op laboschaal kon men ook bij enkele industriële toepassingen in België en Duitsland succesvolle resultaten bekomen (zie figuur 1). Het huidige project DCT4-Cut zal deze trend verder onderzoeken en ook de invloed van de diepkoelprocedure en speciale coatings bekomen via technologieën als PVD en DLC, nagaan op de slijtage (zie figuur 3). Er komen ook andere materialen aan bod na afstemming met enkele industriële gebruikers (zie tabel). De klassieke ponstechnieken worden aangevuld met één nieuwe techniek, namelijk het zogenaamde 'adiabatische' snijden (figuur 2). Deze HSIC-methode (afkorting voor 'High Speed Impact Cutting') is een vorm van hogesnelheidsponsen aan meer dan 10 m/s, waarbij de snijgereedschappen zonder smering hogesterktematerialen kunnen verwerken, doch met een verhoogde slijtage als gevolg. Bij conventionele ponstechnieken is de snelheid kleiner dan 1 m/s en de slijtage veel geringer.



*Vergelijking van drie ponsmethoden
(Bron: Intern document Fraunhofer IWS 2018)*

Het Fraunhofer Instituut IWS heeft in haar afdeling te Chemnitz een pilootinstallatie voor zowel klassiek ponsen, fijnstansen als hoge snelheidsponsen. Tijdens het project zullen zij op elke installatie testen uitvoeren en de diepgekoelde en gecoate gereedschappen onderzoeken op het vlak van slijtage. Onder slijtage wordt alle fenomenen verstaan die leiden tot een verlaging van

de standtijd. Dit omvat onder meer het uitbrokkelen, het aanlassen, ... Nadien zullen in een later stadium ook industriële testen plaatsvinden op reële stukken in hoogwaardige materialen, zoals hogesterktestaal en vezelversterkte kunststoffen. Een aantal bedrijven in Vlaanderen en Duitsland zullen dan hun gereedschappen uittesten volgens de behandelingen in dit project.



*Variatie van de diepkoelmethode tijdens het harden
(Bron: Aanvraagdocument Cornet-project DCT4Cut)*

Voorlopige resultaten

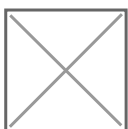
In het project Infiblack werden zes koudwerkstalen onderling vergeleken. De PM-stalen Vanadis 4E en 23 werden als optimale staalsoorten in combinatie met het diepkoelen beschouwd. De andere stalen presteerden ook goed, maar niet op alle vlakken van slijtage. In het huidige project worden twee andere stalen betrokken, die geselecteerd werden na onderling overleg met de industriële partners. Het staal 1.2379 (equivalent aan K110) werd hiertoe als referentie gebruikt, omdat dit staal veel gebruikt wordt, en het staal Vanadis 4E, wegens de uitstekende prestaties in het vorige project. K110 is een conventioneel vervaardigd staal, net als Caldie, maar geen poedermetallurgisch staal zoals de andere twee stalen. Het voordeel van PM-staal ligt vooral in de hoogkwalitatieve eigenschappen tijdens het gebruik. Het nadeel is wel de hogere kostprijs tegenover conventioneel staal.



Beschouwde materialen voor vergelijkende ponstesten

De warmtebehandeling werd zo uitgevoerd dat de bekomen hardheid na diepkoelen ca. 60 +/- 1 HRC bedraagt voor alle stalen. Een lagere hardheid zal de slijtage doen toenemen, terwijl een hogere hardheid kan leiden tot een grotere kans op breuk. De breuktaaiheid na diepkoelen verandert niet voor alle stalen tegenover conventioneel harden zonder diepkoelen. Ook het coaten heeft geen invloed op de adhesie, wel op de hardheid. Om een goede adhesie van de coatings te bekomen heeft Fraunhofer Instituut geopteerd voor een plasmanitreerbehandeling.

De eerste labotesten met K390-staal gaven alvast zeer goede resultaten met ronde stempels (zie de ponsmatrijs in onderstaande figuur 4). De andere stalen uit de tabel worden nog verder getest. In een volgende fase zullen industriële stempels ingezet worden om de beschouwde diepkoeling en coatings te bestuderen op het vak van slijtage



*Ponsmatrijs voor testen van koudwerkstalen stempels
(Bron: Intern document Fraunhofer IWS 2020)*

Er wordt getracht om alle combinaties van materialen en behandelingen tegen eind dit jaar af te ronden en de industriële testen tegen midden 2021 te kunnen beëindigen.

Coördinator van het project is Veerle Fincken (VOM).

Dit project wordt gefinancierd door VLAIO en CORNET (project DCT4Cut).

Auteurs