

# LOCTITE®

## HEALTH AND SAFETY

WHITE PAPER:

**DOELTREFFENDHEID VAN LOCTITE**

**SCHROEFDRAADBORGING OP**

**BOUTEN VOORZIEN VAN EEN ZINC**

**FLAKE COATING**

Stephen Fearon, Frances Murphy, David  
Condron,  
Henkel Ireland Operations & Research Ltd.

Ornella Tempo, Michael Feeney  
Henkel Corporation, Rocky Hill, CT, USA  
12-03-2020



**Henkel**

---

# SAMENVATTING



Het afgelopen decennium of zelfs de afgelopen decennia zijn er nieuwe trends in de samenstelling van metalen substraten en in corrosiewerende coatings ontstaan, die uitdagingen en kansen bieden voor anaerobe lijmproducten. Van belang in dat kader is het toegenomen gebruik van onderdelen voorzien van een zinc flake coating op de markt.

In dit document wordt de **doeltreffendheid onderzocht van een selectie anaerobe schroefdraadborgmiddelen van LOCTITE op bouten en moeren met een GEOMET zinc flake coating**, en wordt getoond hoe dit type corrosiewerende coating verschilt van traditionele metalen substraten en wat dit betekent voor anaerobe borgingsproducten.

In het bijzonder wordt de doeltreffendheid van twee nieuwe anaerobe schroefdraadborgmiddelen, **LOCTITE 2400** (medium sterkte) en **LOCTITE 2700** (hoge sterkte), onderzocht. Deze nieuwe producten hebben een uitstekende 'Health and Safety'-etikettering. De vroegere formulaties werden aangepast om nu ook een **optimale uitharding te bekomen op bouten en moeren met een zinc flake coating**.

In dit document wordt ook de verhouding tussen aanhaalmoment en voorspanning in de verbinding onderzocht voor een selectie LOCTITE schroefdraadborgmiddelen op met GEOMET 500 gecoate bouten.

---

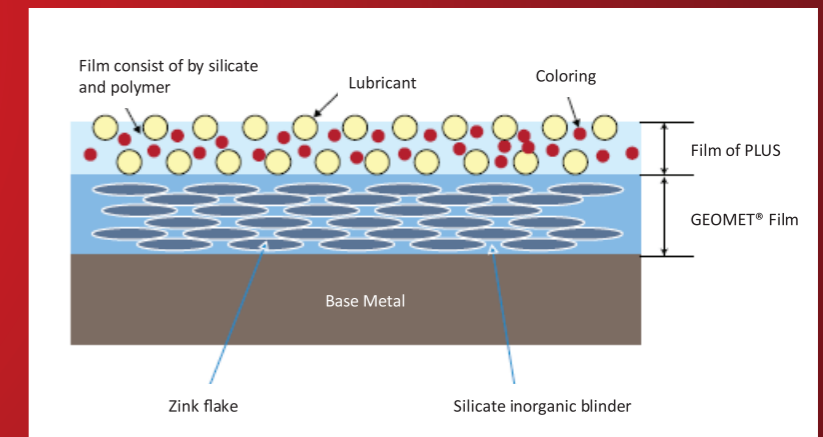
# INLEIDING: ZINC FLAKE COATINGS

**Zinc flake coatings zijn opofferende coatings die zink- en/of aluminiumelementen bevatten die oxideren**, om ervoor te zorgen dat het metalen substraat waarop ze worden aangebracht, vrij blijft van corrosie. Wat de aanbrenging betreft, bestaat een zinc flake coatingsproces in het onderdompelen van het onderdeel in een bad met de vloeibare coating plus een organisch of niet-organisch bindmiddel en het verwijderen van het overschot door rotatie, of in het spuiten van de coating op het onderdeel.

**Dit wordt gevolgd door het uitharden van de coating op hoge temperatuur (tot 300 °C).** Zinc flake coatings zijn niet chemisch verbonden met het metalen oppervlak, in tegenstelling tot chromaatcoatings die worden verkregen door een chemische reactie waarbij het behandelde metaal over het volledige oppervlak een complexe chromaatlaag vormt. Een zinc flake coating is geen elektrolytisch aangebrachte coating, zoals een verzinkte coating dat bijvoorbeeld wel is. Met behulp van elektrolytische depositie ontstaat bij verzinking een chemische verbinding tussen de coating en het onderdeel.

**Het proces van elektrolytische depositie** voert atomaire waterstof aan en doet het gevaar van waterstofbrosheid in hoogwaardig staal ontstaan, terwijl de zinc flake coating mechanisch is verbonden met het substraat en het gevaar voor waterstofbrosheid verkleint. Over het algemeen gaat een zinc flake coating **langer mee; is deze coating beter bestand tegen corrosie en is het aanbrengingsproces eenvoudiger onder controle te houden dan dat van verzinking.**

Wereldwijd zijn er heel wat verschillende bedrijven die zinc flake coatings voor metalen onderdelen aanbieden. Het gebruik van zinc flake coatings door grote OEM's (Original Equipment Manufacturers) overal ter wereld **is aanzienlijk toegenomen als gevolg van de eisen die worden gesteld op het gebied van langdurige corrosiebestendigheid en een grotere respect voor 'Health and Safety'**. Van belang in deze studie zijn schroefdraadonderdelen met een zinc flake coating van het merk GEOMET (van de NOF Metal Coatings Group), waarvan er verschillende kwaliteiten zijn. GEOMET is op waterbasis en bestaat uit zink- en aluminiumlamellen in een anorganisch bindmiddel.



Figuur 1: GEOMET oppervlak [1]

## GEOMET™ REEKSEN

GEOMET-coatings zijn verkrijgbaar in drie verschillende reeksen, **GEOMET 500**, **GEOMET 321** en **GEOMET 720**. In dit document wordt de doeltreffendheid van anaerobe schroefdraadborgmiddelen van LOCTITE geëvalueerd op met GEOMET 500 gecoate bouten.

### GEOMET™ 500 reek

GEOMET™ 500 is een **dunne, droge zinc flake coating die speciaal is ontwikkeld om te worden aangebracht op bouten**. Er is een smeermiddel verwerkt in de coating om voor een zelfsmerende eigenschap te zorgen, die een consistente doeltreffendheid van de aandrijving mogelijk maakt. De wrijvingscoëfficiënt voor deze GEOMET reeks is 0,15 wanneer deze wordt getest volgens ISO 16047.

Deze reeks is verkrijgbaar in twee kwaliteiten, **GEOMET 500 A** en **GEOMET 500 B**. Het verschil tussen de twee kwaliteiten is het verschil in coatinggewicht. GEOMET 500 A heeft een coatinggewicht van meer dan 24 g/m<sup>2</sup> en GEOMET 500 B heeft een coatinggewicht van meer dan 36 g/m<sup>2</sup>. Dit substraat wordt gebruikt door grote OEM's zoals Jaguar, Bosch, SNCF en Fiat. In deze studie wordt GEOMET 500 A geëvalueerd met de volgende anaerobe schroefdraadborgmiddelen van LOCTITE: LOCTITE 243, LOCTITE 2400 New en Original, LOCTITE 2700 New en Original, LOCTITE 270. Meer informatie over deze schroefdraadborgmiddelen vindt u in de volgende referenties.[4]



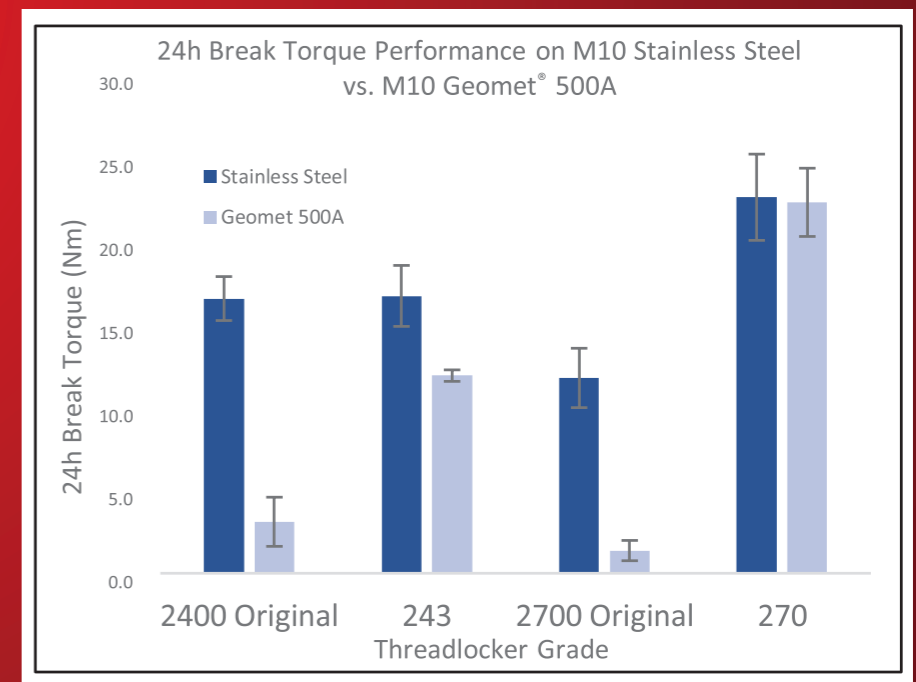
In dit document onderzoeken we uitvoerig de **doeltreffendheid van LOCTITE schroefdraadborgmiddelen op bouten voorzien van een zinc flake coating van verschillende leveranciers en bronnen**. We bekijken de substraatvariabiliteit van GEOMET 500 A en wat dit betekent voor de typische doeltreffendheid van onze schroefdraadborgmiddelen. We onderzoeken twee schroefdraadborgmiddelen, LOCTITE 2400 en LOCTITE 2700, die specifiek zijn herontwikkeld voor een optimale doeltreffendheid op onderdelen met een zinc flake coating. Ook bekijken we de verhouding tussen aanhaalmoment en werkelijke voorspanning voor verschillende GEOMET-producten bij gebruik van verschillende LOCTITE-schroefdraadborgmiddelen.

# EERSTE ONDERZOEK: DE DOELTREFFENDHEID VAN ANAEROBE SCHROEFDRAADBORGMIJDELEN VAN LOCTITE OP GEOMET-ONDERDELEN

In figuur 2 wordt de typische **doeltreffendheid** van anaerobe **schroefdraadborgmiddelen van LOCTITE op GEOMET 500A M10** moeren en bouten weergegeven. Ook wordt de doeltreffendheid aangetoond op roestvast staal, dat traditioneel ook als een 'inactief' metalen substraat voor anaerobe lijmen wordt beschouwd.

Deze grafiek laat zien dat een oppervlaktecoating met zinklamellen een uitdaging kan zijn voor heel wat van onze schroefdraadborgmiddelen. In het bijzonder de oorspronkelijke versies van onze 'Health and Safety'-producten LOCTITE 2400 en LOCTITE 2700 brachten op GEOMET 500A geen goede sterkte tot stand (minder dan 5 Nm).

Op basis van deze bevinding hebben we **een project opgestart om de doeltreffendheid van deze producten te verbeteren door de formulatie aan te passen.**



Figuur 2: doeltreffendheid van LOCTITE schroefdraadborgmiddelen op roestvrijstalen en GEOMET 500A M10-moeren en -bouten

---

# HERFORMULATIE VAN LOCTITE 2400 EN 2700:

## VERBETERDE EIGENSCHAPPEN OP BOUTEN EN MOEREN MET EEN ZINC FLAKE COATING

In 2018 werd een project opgestart om de 'Health and Safety'-schroefdraadborgmiddelen LOCTITE 2400 en LOCTITE 2700 te herformuleren, met de nadruk op het verbeteren van de doeltreffendheid van deze producten op substraten met een zink flake coating.

Voor beide producten werd de doeltreffendheid van de uitharding aanzienlijk verbeterd door:

1. De introductie van **nieuwe uithardingschemie, door Henkel gepatenteerd.**
2. **De optimalisatie van de samenstelling.**
3. Uitvoerige testen van de uithardingseigenschappen van de **diverse ontwikkelde formulaties op verschillende kwaliteiten van bouten met een zink flake coating van verschillende bronnen.**



## Substraatvariatie

Tijdens het herformulatieproject werd gebruikgemaakt van GEOMET 500 A van twee leveranciers. Tijdens het testen van de doeltreffendheid werd opgemerkt dat het gemak waarmee de moer op de bout kon worden aangebracht, varieerde naargelang van de leverancier van de GEOMET 500A substraten. Er werd ook opgemerkt dat de gerealiseerde sterkte hoger was op de onderdelen die eenvoudiger te verbinden waren (met minder wrijving).

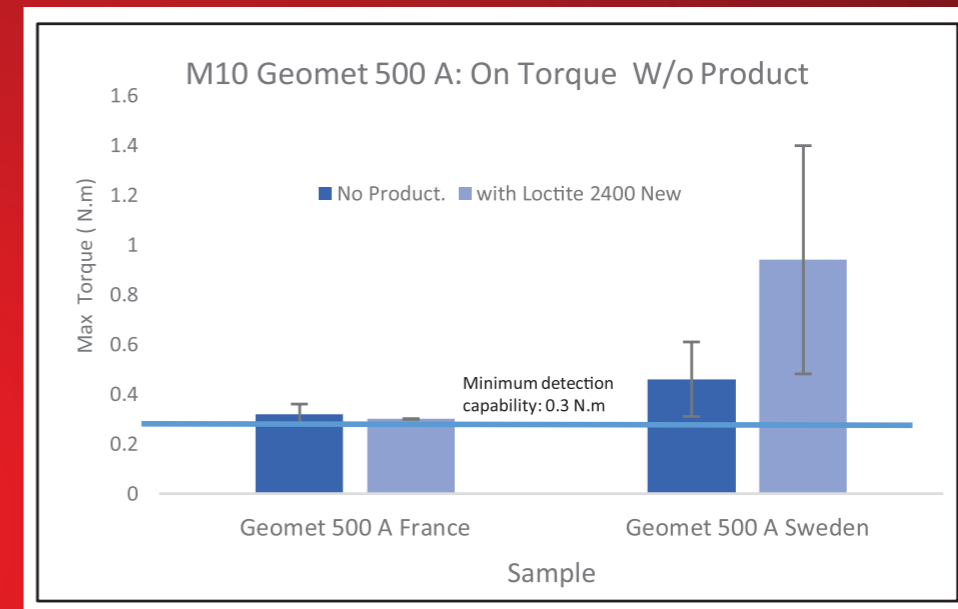
Aangezien de zinc flake coating wordt aangebracht via een onderdompel- en rotatieproces, is het aannemelijk dat dit verschil in verbindingsgemak is toe te schrijven aan een toename van de coatingdikte. Bij een dikkere coating is te verwachten dat de wrijving tussen de moer en de bout toeneemt, waardoor een hoger aandraaimoment nodig is om de bovenhand te halen op de wrijvingskrachten bij het aanbrengen van de moer op de bout.

De **ISO 10683-2018-norm** specificeert de eisen waaraan een gecoate metrische bout moet voldoen wanneer deze wordt gecoat met een zinc flake coatingsysteem. Voor metrische bouten met een diameter van 10 mm (M10) mag het moment dat nodig is om de moer op de bout te draaien, niet hoger zijn dan max 1 Nm. Voor deze studie werd gebruikgemaakt van metrische M10-bouten volgens ISO 4017 en metrische M10-moeren volgens ISO 4032 van twee verschillende leveranciers in verschillende landen:

Type zinklamellen	Bedrijf	Land
GEOMET™ 500A	Bufab Group	Frankrijk
GEOMET™ 500A	Mattssons Fasteners	Zweden

Tabel 2: GEOMET 500A leveranciers.

De aandraaimomentwaarden die nodig zijn om de moeren vrij over de boutuiteinden te draaien, zowel met als zonder LOCTITE 2400 schroefdraadborgmiddel, werden gemeten voor vijf gedeeltelijk aangedraaide moer- en boutverbindingen; dit met behulp van een geijkte TORQUELEADER momentsleutel die tot op 0,1 Nm nauwkeurig is. De moeren werden vrij aangedraaid tot er drie schroefdraadgangen uitstaken.



Figuur 3: maximale aandraaimomentwaarden, niet volledig aangedraaide verbindingen

**Zonder schroefdraadborgmiddel lag het gemiddelde maximale aandraaimoment voor beide boutleveranciers onder de grens van 1 Nm die genoemd wordt in de ISO 10683-2018-norm.** De toevoeging van LOCTITE 2400 New had geen effect op het vrije aandraaimoment voor GEOMET 500 A uit Frankrijk. Interessant is dat het aandraaimoment toenam met de toevoeging van LOCTITE 2400 New aan de GEOMET 500A uit Zweden. Het verhoogde aandraaimoment bij vrij draaien dat is waargenomen voor de Zweedse GEOMET 500A coating, kan het gevolg zijn van een dikkere coating die minder speling toelaat en dus meer wrijving.

Er moet echter worden opgemerkt dat het verschil tussen de aandraaimomenten klein is, en dat het aandraaimoment voor vrij draaien telkens onder de 1 Nm bleef. Het smerende effect van LOCTITE 2400 New zal uitvoeriger worden onderzocht in het hoofdstuk over metingen van het aanhaalmoment en de voorspanning.

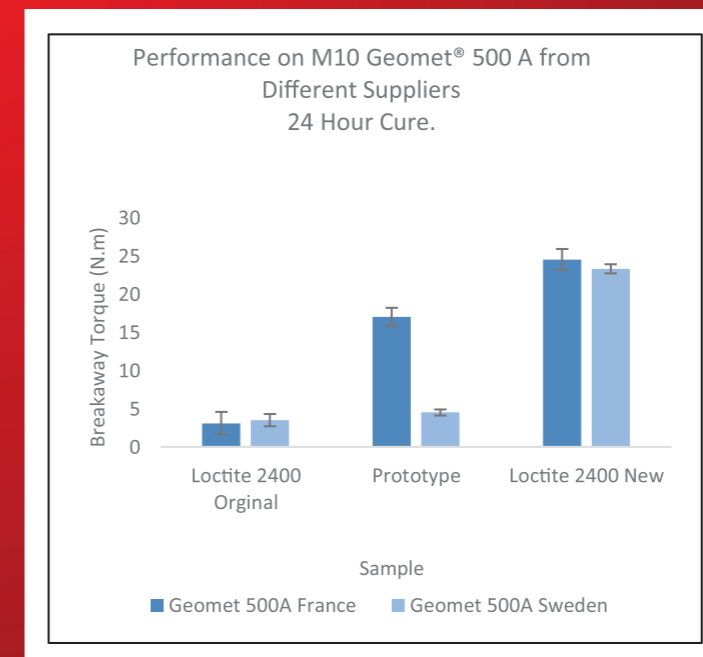


## LOCTITE 2400 New

De geconstateerde verschillen in de GEOMET 500A coating tussen twee leveranciers werd ook meegenomen in het onderzoek voor het verbeteren van de doeltreffendheid van de uitharding van LOCTITE 2400 op substraten met een zinc flake coating.

De eerste prototypes vertoonden een doeltreffende uitharding op de te verbinden substraten uit Frankrijk (lage wrijving), maar minder goede uithardingseigenschappen op het moeilijker te verbinden substraat uit Zweden. Daarom werd LOCTITE 2400 **verder geoptimaliseerd om ook een betere uitharding te verkrijgen op de bouten en moeren met een dikkere zinc flake coating.**

**Figuur 4 toont deze verbeterde uitharding voor LOCTITE 2400 New** in vergelijking met LOCTITE 2400 Original en het eerste ontwikkelingsprototype.



Figuur 4: doeltreffendheid van de uitharding op GEOMET 500A van verschillende leveranciers.

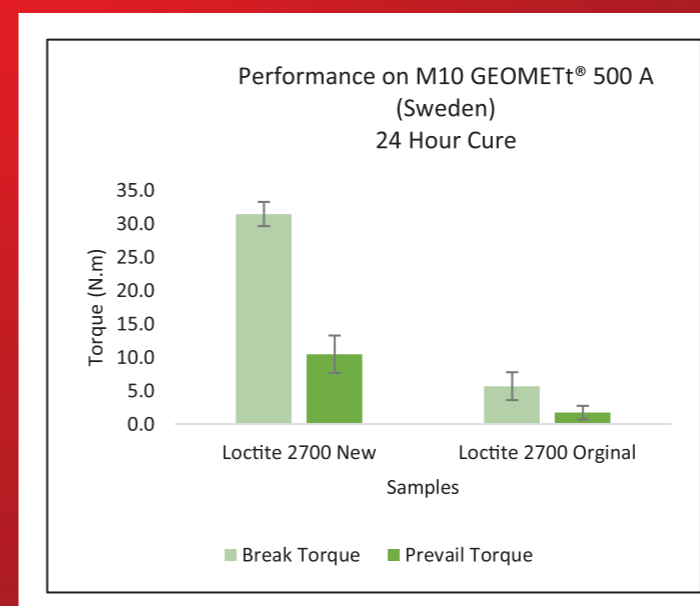




## LOCTITE 2700 New

LOCTITE 2700 New werd ontwikkeld om de mindere resultaten aan te pakken die werden vastgesteld voor LOCTITE 2700 Original op zinc flake coatings. De formulatie werd geoptimaliseerd, de nieuwe gepatenteerde uithardingschemie werd geïmplementeerd en de sterkte werd verbeterd op bout-moerverbindingen met een zinc flake coating van verschillende producenten.

In figuur 5 ligt de sterkte die door LOCTITE 2700 Original op GEOMET 500A wordt gerealiseerd, lager dan het niveau dat is vereist voor een schroefdraadborgmiddel met hoge sterkte (figuur 5). **De sterkte van het losbreekmoment van LOCTITE 2700 New is evenwel aanzienlijk hoger en in overeenstemming met de verwachting voor een schroefdraadborgmiddel met hoge sterkte.** Een interessant kenmerk is het aandraaimoment dat lager is dan verwacht en hieronder verder wordt besproken.



Figuur 5: doeltreffendheid van de uitharding van LOCTITE 2700 Original en LOCTITE 2700 New op GEOMET 500A

## GEOMET™ 500B

GEOMET 500B is een variant van GEOMET 500A met grotere dikte.

Om na te gaan of de extra dikke coating een impact zou hebben op de borgsterkte van LOCTITE-schroefdraadborgmiddelen, werden LOCTITE 2400 New, LOCTITE 2700 New, LOCTITE 243 en LOCTITE 270 getest op GEOMET 500B.

Fig. 6 toont de losbreeksterkte na 24 uur uitharding. We zien dat de extra dikke coating geen belemmering is voor het losbreekmoment, alle schroefdraadborgmiddelen vertonen resultaten die vergelijkbaar zijn met die op GEOMET 500A.

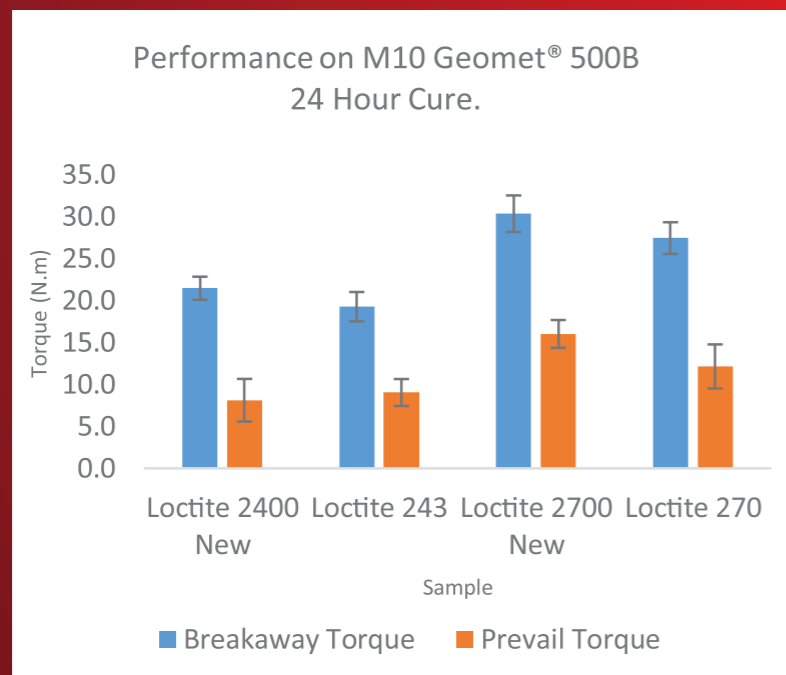


Fig 6: losbreekmoment van LOCTITE schroefdraadborgmiddelen op GEOMET™ 500B.

## Schroefdraadborgmiddelen met hoge sterkte op substraten met zinc flake coating

Er werd verder onderzoek gevoerd naar LOCTITE anaerobe producten met hoge sterkte op met GEOMET 500A gecoate moeren en bouten. In deze studie werden zowel het losbreekmoment als het restkoppel (over 180°) bekeken en werd een rechtstreekse vergelijking gemaakt tussen met zwart oxide gecoate substraten uit zacht staal en de onderdelen met een GEOMET zinc flake coating.

LOCTITE 2700 New en LOCTITE 270 werden onderzocht. Uit de gegevens blijkt dat **de producten met hoge sterkte ook een goede sterkte realiseren op de GEOMET coating, maar dat de waarden toch aanzienlijk lager zijn dan de waarden die doorgaans worden waargenomen voor onderdelen uit zacht staal.** Dit kan te wijten zijn aan de aard van de GEOMET coating die werkt als een soort smeermiddel die de demontage vergemakkelijkt en hechting vermindert.

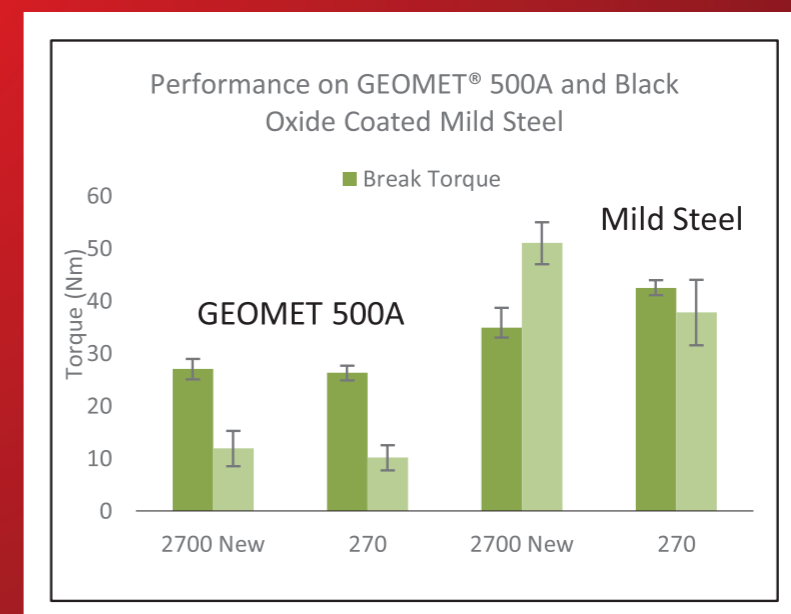


Fig 7: losbreeksterkte op bouten met GEOMET® 500A tegenover bouten in zwart oxide gecoat zacht staal

## Testen van relatie tussen aanhaalmoment en klemspanning voor bouten en moeren voorzien van een zinc flake coating

De wrijving tussen de schroefdraad van bouten, moeren, het moerkopvlak en de boutkop en het contactvlak op de stukken heeft invloed op de verhouding tussen het aanhaalmoment en de spanning in een schroefdraadverbinding, zoals wordt bepaald door vergelijking 1.

**Om de wrijving tot een minimum te beperken, worden daarom vaak smeermiddelen gebruikt in boutverbindingen.** De verhouding tussen het aanhaalmoment en de boutspanning is uniek voor elk verbindingsgeheel. Dat komt omdat er veel variabelen zijn die de wrijving beïnvloeden.

$$T = F \left[ \frac{P}{2\pi} + 0.577 d_2 \mu_t + \mu_n \frac{D_e}{2} \right] \text{ Verg.: 1}$$

### waarbij:

*T: totaal aandraaimoment*

*F: boutvoorspanning*

*$\mu_t$ : wrijvingscoëfficiënt voor de schroefdraden*

*$d_2$ : de basisflankdiameter van de schroefdraad*

*P: spoed van de schroefdraad*

*$\mu_n$ : wrijvingscoëfficiënt voor het moeroppervlak, de boutkop en de contactvlakken*

*$D_e$ : de effectieve dragende diameter van de moer en de boutkop*

Voor veel toepassingen moet de situatie van de wrijving worden getest om het juiste aandraaimoment te bepalen. **Om het aandraaimoment in te schatten, kan een vereenvoudigde versie van vergelijking 1 worden gebruikt om de wrijving voor de configuratie te beschrijven; zie vergelijking 2.**

$$T = FKD \text{ Verg.2}$$

*T: moment*

*D: nominale diameter van de bout*

*F: klemspanning*

*K: K-factor die rekening houdt met de wrijving van de gehele verbinding*

**Door de wrijving van een boutverbinding te bepalen, kan de gebruiker het juiste aandraaimoment toepassen om de juiste klemspanning in de verbinding te bekomen en te voorkomen dat deze na verloop van tijd vanzelf loskomt. Een bout die het begeeft door overbelasting, of anderzijds een verlies van klemspanning, kan tot catastrofale ongelukken leiden of grote kosten met zich brengen.**

Er zijn verschillende redenen waarom een bout kan begeven, zoals **een slecht ontwerp** (te weinig bouten, overmatige drukbelasting, enz.), risico op waterstofbroosheid of gebrekkige nauwkeurigheid van de schroefdraad. In dit hoofdstuk wordt de nadruk gelegd op het begrijpen van de wrijving in schroefdraad en materialen van bouten, mede om problemen ten gevolge van waterstofbroosheid te voorkomen. Dit kan door gebruik van zinc flake coatings in combinatie met LOCTITE-borgmiddelen.



# ANALYSE

GEOMET 500A		
Lijm	K-factor	Standaardafwijking
Geen product	0.19	0.01
LOCTITE 2400 New	0.15	0.01
LOCTITE 2700	0.21	0.01
LOCTITE 243	0.17	0.01

Tabel 3: K-factorresultaten – GEOMET 500A

## Resultaten in verband met aanhaalmoment en klemspanning:

Voor GEOMET 500A werd het testen van het moment en de spanning geëvalueerd op een geautomatiseerde Erichsen Wuppertall moment- en spanningsanalysator met een meetcel van 60 KN / 120 N.m. Voor de configuratie van deze test werd gebruikgemaakt van met GEOMET 500A gecoate M10-moeren die werden aangedraaid op met GEOMET 500A gecoate M10-bouten van klasse 8.8, en met gebruik van een zwart oxide zacht stalen rondsel.

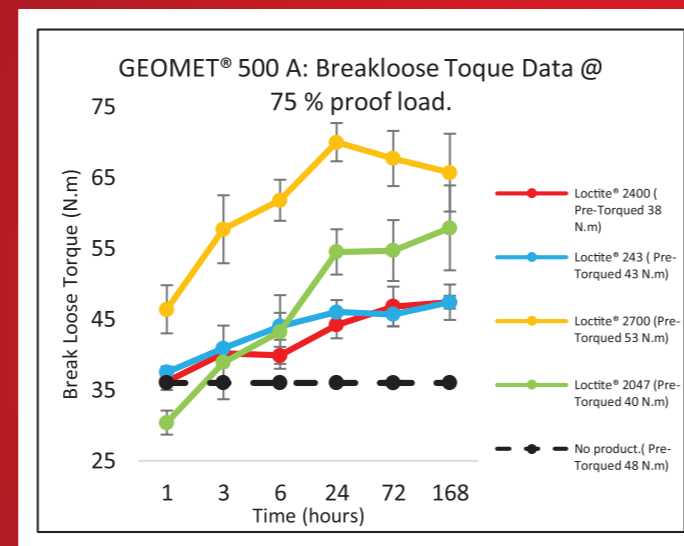
De verbinding werd aangedraaid tot 100 Nm en de overeenkomstige kracht (in newton) werd gemeten. Op basis van deze gegevens kon het moment worden bepaald dat nodig is om voor 75% van de proefkracht (25275 N) te zorgen. De zogenaamde proefkracht is de maximum kracht waarboven er verhoogd risico voor “afstropen” van de moer bestaat. De analyse werd herhaald aan de hand van 5 replicatieonderzoeken, zowel zonder product als met LOCTITE 243, LOCTITE 2400 New en LOCTITE 2700 New.

De resulterende K-factorwaarden worden weergegeven in tabel 2. Hoe lager de K-factorwaarde is, des te groter is het smerende effect van het LOCTITE schroefdraadborgmiddel op de verbinding. LOCTITE 243 en LOCTITE 2400 New hebben een smerend effect op het GEOMET 500A substraat in vergelijking met de K-factor zonder product. LOCTITE 2400 New heeft het grootste smerende effect op de GEOMET 500A moer- en boutverbinding. LOCTITE 2700 verhoogt daarentegen de K-factor op de GEOMET 500A moer en bout. Deze sterkere wrijving kan het gevolg zijn van bepaalde substanties in het product of kan wijzen op een vroegtijdige uitharding door de warmte die tijdens het verbindingsproces wordt gegenereerd.

In contrast, LOCTITE 2700 increases the K factor on the GEOMET™ 500A nut and bolt. This higher friction may be due certain components of the product or it could be indicative of early curing caused by heat generated in the assembly process.

# TESTEN VAN HET BREEKMOMENT: GEOMET™ 500A

Met behulp van de gegenereerde moment- en spanningsgegevens werd het vereiste aanhaalmoment, om 75% van de zogenaamde proefkracht op GEOMET 500A te halen, bepaald. Dit met LOCTITE 243, 2400, 2700 en ook zonder product. En dit werd gebruikt om testen uit te voeren op volledig aangedraaide moer- en boutverbindingen met uithardingstijden tussen 1 uur en 1 week.



Figuur 8: breekmoment op GEOMET 500A. Uithardingstijden 1-168 uur.



Figuur 8 toont de waarden van het losbreekmoment van GEOMET 500 A met en zonder anaerobe schroefdraadborgmiddelen LOCTITE 243, LOCTITE 2400, en LOCTITE 2700.

De streeplijn geeft de losbreeksterkte aan zonder LOCTITE, over één week in statische toestand (zonder trillingen). De volle lijnen in verschillende kleuren geven de uitharding aan van LOCTITE schroefdraadborgmiddelen op de GEOMET 500A bouten en moeren, eveneens over een periode van één week. Alle bouten werden vooraf aangedraaid tot 75% van de proefkracht. Dit aanhaalmoment werd berekend met behulp van de verkregen gegevens in het kader van het experiment voor de relatie tussen aanhaalmoment tot spanning en vergelijking 2.

Uit de vergelijking van het verbindingsmoment dat nodig is om 75% van de proefkracht te realiseren met en zonder LOCTITE schroefdraadborgmiddel, blijkt dat het gebruik van een **LOCTITE schroefdraadborgmiddel zoals LOCTITE 2400 op een oppervlak met een zinc flake coating een smerend effect toevoegt aan de schroefdraadverbinding, en dus het aanhaalmoment verlaagt dat nodig is om de nodige voorspanning te realiseren.**

**Daarnaast blijkt uit de testen ook dat het gemeten losbreekmoment, tijdens de eerste drie uur na het aanbrengen, lager is dan het initiële aanhaalmoment.** De aanwezige LOCTITE schroefdraadborgmiddelen beginnen evenwel daarna steeds verder uit te harden en het losbreekmoment neemt toe tot boven de waarde van het initiële aanhaalmoment. Het uiteindelijk bereikte losbreekmoment was 7% tot 40% hoger dan de oorspronkelijke momentwaarden afhankelijk van het LOCTITE-product.

---

# CONCLUSIES

Corrosiewerende zinc flake coatings op bouten en moeren komen tegenwoordig steeds vaker voor in technische toepassingen, omdat ze een betere corrosiebestendigheid bieden en in tegenstelling tot plateertechnologieën niet het probleem van waterstofbrosheid vertonen. **Een ander belangrijk voordeel ten opzichte van coatings op basis van chroom is het verbeterde respect voor 'Health and Safety' van de technologie, aangezien er geen CMR-substanties aanwezig zijn.**

Het kan voor anaerobe producten een uitdaging zijn om hoge losbreekmomenten (>15 Nm, M10) te bereiken op zinc flake coatings. Schroefdraadborgmiddelen LOCTITE 2400 met medium sterkte en LOCTITE 2700 met hoge sterkte werden geherformuleerd met nieuwe gepatenteerde uithardingschemie, om een optimale doeltreffendheid op bouten en moeren met een zinc flake coating te garanderen.

Een interessant kenmerk van GEOMET zinc flake coatings zijn de vastgestelde lage restkoppels bij verder losdraaien die in combinatie met LOCTITE-schroefdraadborgmiddelen nodig zijn, in vergelijking met andere substraten zoals zacht staal of zinkfosfaat. Dit wordt toegeschreven aan het smerende effect van dit substraat.

Testen werden uitgevoerd om de relatie tussen aanhaalmoment en spanning in de bout te kennen op bouten en moeren met GEOMET 500 A met behulp van verschillende soorten schroefdraadborgmiddelen (LOCTITE 243, LOCTITE 2400 New, LOCTITE 2700 New). De gegenereerde gegevens bieden een leidraad voor het aanhaalmoment dat nodig is om 75% van de proefkracht te realiseren, voor de verschillende soorten bevestigingsmiddelen in de geteste configuraties.

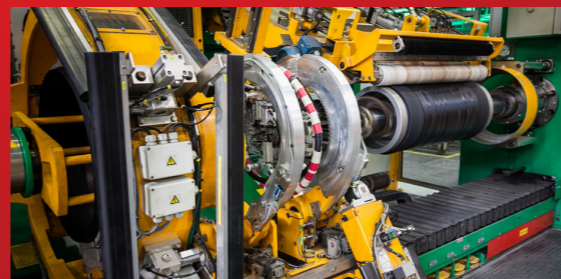
**De geteste schroefdraadborgmiddelen bleken goed uit te harden op alle GEOMET-substraten.** Na uitharding wordt hierdoor een verbeterd losbreekmoment verkregen in vergelijking met het losbreekmoment dat zonder schroefdraadborgmiddel wordt verkregen, door de sterke verhoging van de wrijving in de verbinding door de uitharding van de LOCTITE-borgingsproducten. Dit is in het bijzonder belangrijk wanneer extra bescherming nodig is tegen loskomen door trillingen.



---

# REFERENTIES

- [1] Nof metal Coatings () PLUS Series, Reeks, beschikbaar via: [http://www.nofmetalcoatings.com/\\_upload/ressources/interface/jpn-en/plus\\_en.pdf](http://www.nofmetalcoatings.com/_upload/ressources/interface/jpn-en/plus_en.pdf) (geraadpleegd: 1 december 2019).
- [2] Nof metal Coatings () Geomet 500, beschikbaar via: <http://www.nofmetalcoatings.com/europe/en/coatings/geomet/geomet-500.xhtml> (geraadpleegd: 1 december 2019).
- [3] Nof metal Coatings () PLUS XL, L, VL, ML, M, 10, beschikbaar via: <http://www.nofmetalcoatings.com/europe/en/coatings/geomet/plus-xl-l-vl-ml-m-10.xhtml> (geraadpleegd: 1 december 2019).
- [4] Nof Metal Coatings () Geomet 500, beschikbaar via: <http://www.nofmetalcoatings.com/europe/en/coatings/geomet/geomet-500.xhtml> (geraadpleegd: 1 december 2019).
- [5] Nof Metal Coatings () Geomet 321, beschikbaar via: <http://www.nofmetalcoatings.com/korea/en/coatings/geomet/geomet-321.xhtml> (geraadpleegd: 1 december 2019).
- [6] Kao, Lillian S., en Charles E. Green. "Analysis of Variance: Is There a Difference in Means and What Does It Mean?" J Surg Res, 2 okt 2007.



---

# DANKBETUIGING

De auteurs willen de volgende collega's bedanken voor hun bijdrage:

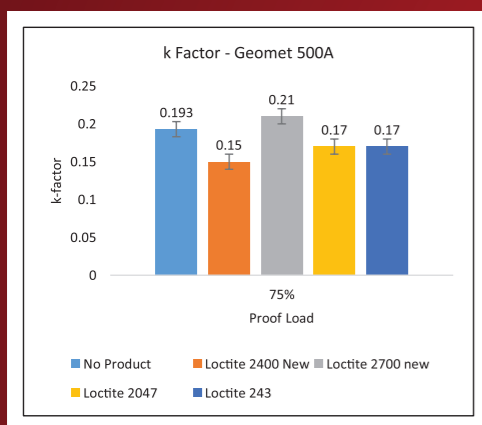
**Anne Brown, Robert Dunkel, Tomoyo Wakamatsu, Crystal O'Connor, Madelyn Morse en Ann Mozzer.**





# BIJLAGE

## K-factorresultaten:

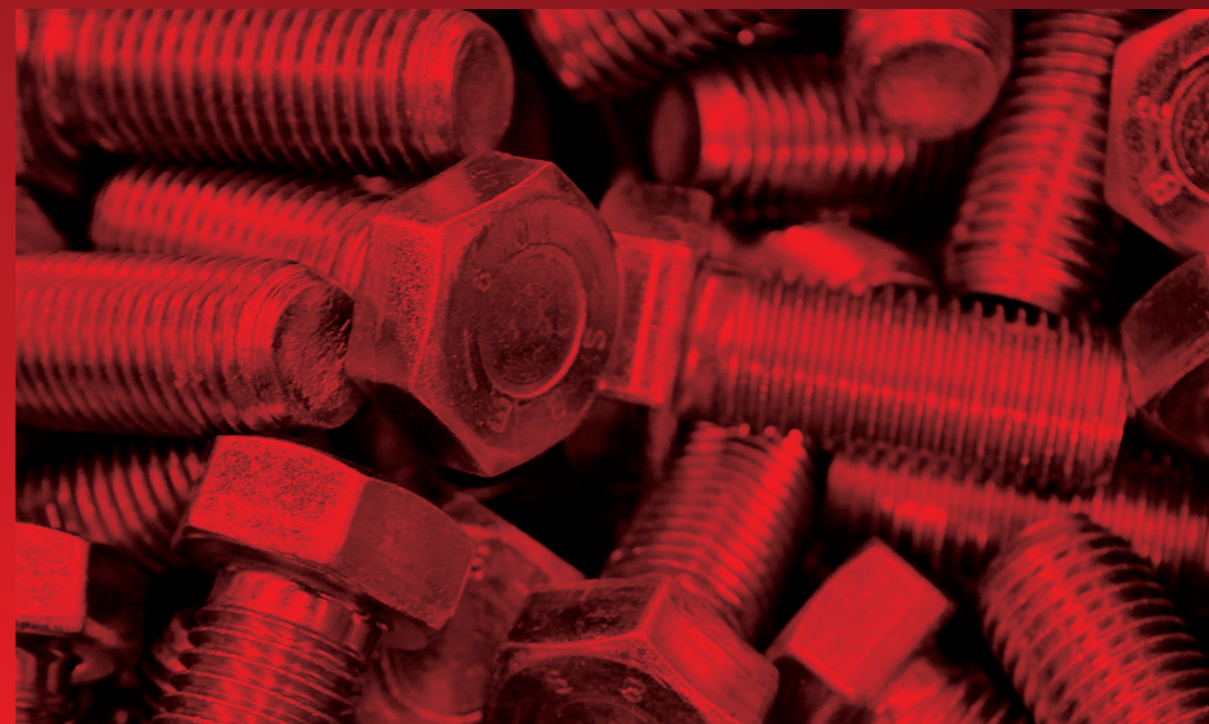


Figuur 9: K-factor GEOMET 500A in combinatie met LOCTITE-schroefdraadborgmiddelen.

## Berekening van 75% van de proefkracht:

Een bout van klasse 10.9 heeft een max belasting van 830 MPa (N/mm<sup>2</sup>), zoals wordt weergegeven in de onderstaande tabel:

Metrische bouten					
Kopmarkering	Klasse en materiaal	Bereik nominale maten (mm)	Mechanische eigenschappen		
			Proefbelasting (MPa)	Min. rekracht (MPa)	Min. treksterkte (MPa)
	Klasse 8.8 Gemiddeld koolstofstaal, afgeschrikt en gehard	Alle maten onder 16 mm	580	640	800
		16mm - 72mm	600	660	830
	Klasse 10.9 Gelegeerd staal, afgeschrikt en gehard	5mm - 100mm	830	940	1040
	Klasse 12.9 Gelegeerd staal, afgeschrikt en gehard	1.6mm - 100mm	970	1100	1220
De markeringen van roestvast staal variëren. Roestvast staal is meestal niet magnetisch. Gewoonlijk voorzien van de markering A-2.	Roestvrij staal A-2 Staallegering met 17-19% chroom en 8-13% nikkel	Alle maten tot en met 20 mm		Min. 210 Doorgaans 450	Min. 500 Doorgaans 700



Om het effectieve treksterktebereik van een M10-bout met schroefdraad te berekenen, wordt hieronder de verhouding voor metrische schroefdraden gebruikt:

- Voor metrische schroefdraden:

$$A_t = (0.7854)(d_c - 0.9382p)^2$$

$$d_c = \text{Crest Diameter (mm)}$$

$$p = \text{pitch (mm)}$$

$$A_t = (0.7854)(10\text{mm} - 0.9382(1.5\text{mm}))^2$$

$$A_t = 57.9896 \text{ mm}^2$$

De proefbelasting voor een M10-bevestigingsmiddel is de proefbelasting van boutstaal van klasse 10.9 vermenigvuldigd met het treksterktebereik:

$$\text{Proof Load}_{M10}$$

$$= 830 \left( \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right) \times 57.9896 \text{ mm}^2$$

$$\text{Proof Load}_{M10} = 48131 \text{ N}$$

75% van de proefkracht = 36100 N of 8115 lbf

---

# DEFINITIES

## **Anaerobe lijmen:**

zijn acryllijmen met één component. De polymerisatie van anaerobe lijmen wordt op gang gebracht door de combinatie van de afwezigheid van zuurstof en de aanwezigheid van actieve metaalionen (figuur 1).

## **Losbreekmoment:**

het moment dat nodig is om de verbinding te verbreken.

## **LOCTITE 243:**

is een universeel schroefdraadborgmiddel met een medium hechtsterkte. Dit schroefdraadborgmiddel zorgt voor het borgen en afdichten van bouten, moeren en tapeinden om te voorkomen dat deze loskomen door trillingen. Het product is doeltreffend op alle metalen, inclusief passieve substraten zoals roestvast staal, aluminium en geplateerde oppervlakken. Het is bewezen dat het bestand is tegen lichte verontreiniging door industriële oliën, bv. motoroliën, oliën ter voorkoming van corrosie en snijvloeistof.

## **LOCTITE 2400:**

variant van Loctite 243 schroefdraadborging - medium sterkte. Zo geformuleerd dat geen waarschuwingssymbolen op het etiket nodig zijn volgens de CLP-regelgeving. Het bevat geen aan te geven carcinogene, mutagene of reproductietoxische stoffen. LOCTITE 2400 is een schroefdraadborgmiddel met medium sterkte dat is samengesteld om bouten, moeren en tapeinden te borgen en af te dichten, teneinde te voorkomen dat deze loskomen door trillingen. Het is doeltreffend op alle metalen en passieve substraten. Dit schroefdraadborgmiddel is bestand tegen lichte verontreiniging door industriële oliën, oliën ter voorkoming van corrosie en snijvloeistoffen.

## LOCTITE 2700:

LOCTITE 2700 is een schroefdraadborgmiddel met hoge sterkte dat is ontwikkeld voor het permanent borgen en afdichten van bevestigingsmiddelen met schroefdraad, om te voorkomen dat deze loskomen door schokken en trillingen. LOCTITE 2700 is ontwikkeld voor toepassingen waarbij demontage niet nodig is zoals bijvoorbeeld op de onderste verbinding van studs. LOCTITE 2700 hardt uit op alle metalen, inclusief passieve substraten. Net zoals bij LOCTITE 2400 zijn er op LOCTITE 2700 geen gevaarsymbolen aangebracht en heeft het product een optimale 'Health and Safety'-etikettering volgens de CLP-regelgeving. Het bevat geen aan te geven carcinogene, mutagene of reproductietoxische stoffen.

## K-factor:

empirisch afgeleide eenheidsloze constante die wordt gebruikt om de wrijving van een schroefdraadverbinding in de verhouding tussen het moment en de spanning te beschrijven.



# Bedankt !

Henkel Nederland bv  
Adhesive Technologies  
Postbus 2100  
NL-3430 CM Nieuwegein

Tel.: +31 (0)30 607 38 50  
Tel. tech. info: +31 (0)30 607 38 52  
[www.henkel-adhesives.nl](http://www.henkel-adhesives.nl)  
[www.henkel.nl](http://www.henkel.nl)

Vind hier een distributeur in uw buurt?

**ABONNEER U OP ONZE  
LOCTITE-NIEUWSBRIEF**

**(Nederland)**



Henkel Belgium nv  
Adhesive Technologies  
Esplanade 1, PO box 101  
BE-1020 Brussel

Tel.: +32 (0)2 421 25 55  
Tel. tech. info: +32 (0)2 421 26 11  
[www.henkel-adhesives.be](http://www.henkel-adhesives.be)  
[www.henkel.be](http://www.henkel.be)

Vind hier een distributeur in uw buurt?

**ABONNEER U OP ONZE  
LOCTITE-NIEUWSBRIEF**

**(België)**



GEOMET is a trademark of NOF Metal Coatings Group. LOCTITE and all other marks are trademarks and/or registered trademarks of Henkel and its affiliates in the US and elsewhere.

All marks used are trademarks and/or registered trademarks of Henkel and its affiliates in the U.S., Germany and elsewhere.

© 2020 Henkel Corporation. All rights reserved. DSGN0006931 (7/20)

The information contained in this brochure is for information purposes only. Please contact Henkel Technical Support for more information and specific recommendations on these products. Except as otherwise noted, all marks used above in this material are trademarks and/or registered trademarks of Henkel and/or its affiliates in the US, Germany, and elsewhere. © Henkel AG & Co. KGaA, 2020

**LOCTITE®**