

Bewertung Salzsprühtest Hybridkuppelmuffe DN40/50

1 Problemstellung

Es ist bekannt, dass klassische metallische Kuppelmuffen (galvanisch verzinkter Grauguss), in ihrem Anwendungsfeld korrodieren. Mittels eines aus dem Automobilbau bekannten Salzsprühtests [1] erfolgt die Bestimmung des medialen Einflusses auf die Korrosion in Abhängigkeit der Zeit sowie die Ermittlung der resultierenden Restfestigkeit nach medialer Belastung. Hierzu werden sechs Probekörper (drei Hybridkuppelmuffen und drei metallische Kuppelmuffen) für die Dauer von 100 Stunden und zehn Probekörper (sechs Hybridkuppelmuffen und vier metallische Kuppelmuffen) für die Dauer von 1.000 Stunden einer medialen Belastung in der Salzsprühkammer unterzogen. Nach Beendigung des Tests erfolgt die Bestimmung des maximalen Bruchdrehmomentes.

2 Ausgangszustand Kuppelmuffen

Die Abbildungen 1 und 2 zeigen exemplarisch den Anlieferungszustand der Kuppelmuffen. Es ist ersichtlich, dass die galvanisch verzinkten Stahlgusskuppelmuffen bereits lokale, korrodierte Bereiche aufweisen (s. Abbildung 1, Probe 2 und Probe 3). Die Hybridkuppelmuffen (s. Abbildung 2) sind unauffällig [2].

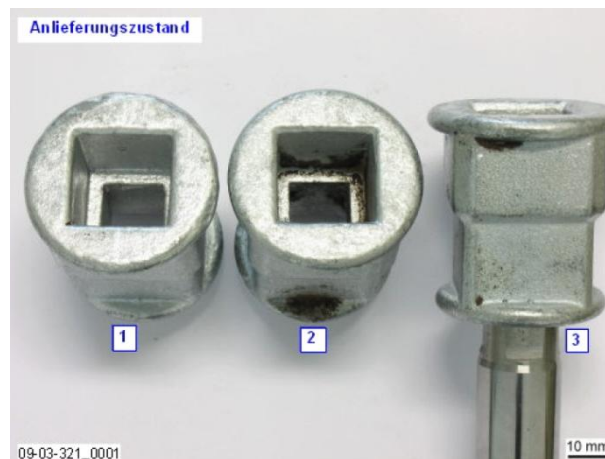


Abbildung 1: Ausgangszustand klassische metallische Kuppelmuffen [2]



Abbildung 2: Ausgangszustand Hybridkuppelmuffen [2]

3 Optische Auswertung nach Salzsprühtest

3.1 Zwischenbewertung nach 100 Stunden

Nach 100 Stunden Salzsprühtest erfolgte eine optische Auswertung der Proben. Abbildung 7 stellt die auftretende Korrosion exemplarisch an den Proben 1, 2 und 3 dar. Es ist ersichtlich, dass die Proben 2 und 3, welche bereits beim Anlieferungszustand erste Korrosionsschäden aufwiesen, eine Grundmetallkorrosion (Rotrost, Flächenanteil ca. 50 %) aufweisen. Auch lässt sich der Spindelvierkant in Folge von Korrosion nicht mehr von der Kuppelmuffe trennen. Probe 1 weist eine großflächige Zinkkorrosion (Weißrost) auf [2].



Abbildung 3: klassische metallische Kuppelmuffen nach 100 Stunden Salzsprühtest [2]

Die Hybridkuppelmuffen weisen nach 100 Stunden Salzsprühtest eine Zinkkorrosion (Weißrost) im Bereich des Spindelvierkants, bedingt durch Kondensatfluss durch die Abflussbohrung, auf (s. Abbildung 4) [2]. Probekörper 21 lässt sich, bedingt durch Zinkkorrosion, nicht mehr vom Spindelvierkant lösen. Eine mikroskopische Betrachtung der Zinkkorrosion im Bereich Spindelvierkant-Zinkdruckguss-Einleger (Abbildung 5) weist optisch keinen kritischen Materialangriff auf. Zu einem analogen

Ergebnis kommt eine Reliefbetrachtung im Bereich des Spindelvierkants mit Zinkkorrosion vor und nach der Prüfung. Nach dem mechanischen Entfernen des Weißrostes sind keinerlei Herauslösungen aus dem Material im Reliefbild erkennbar (s. Abbildung 6).



Abbildung 4: Hybridkuppelmuffen nach 100 Stunden Salzsprühtest [2]



Abbildung 5: Zinkkorrosion im Bereich Spindelvierkant-Zinkdruckguss-Einleger

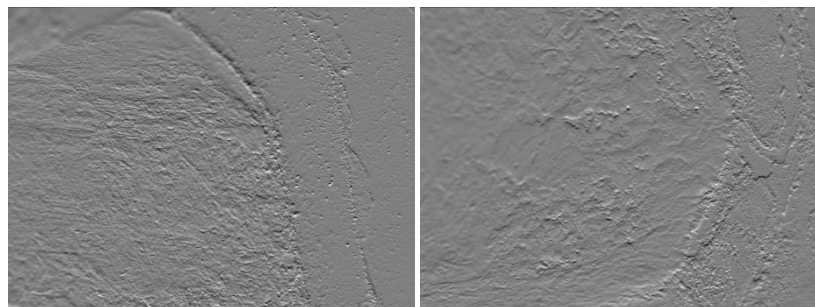


Abbildung 6: Zinkkorrosion im Bereich Spindelvierkant als Reliefbetrachtung vor und nach Salzsprühtest (Weißrost mechanisch entfernt)

3.2 Bewertung nach 1000 Stunden

Nach 1.000 Stunden Salzsprühtest erfolgte eine optische Auswertung der Proben. Abbildung 7 stellt die auftretende Korrosion exemplarisch an drei metallischen Kuppelmuffen dar. Es ist ersichtlich, dass die Kuppelmuffen eine fast flächendeckende Grundmetallkorrosion (Rotrost, Flächenanteil ca. 75% bis 100%) aufweisen. Auch lässt sich der Spindelvierkant in Folge von Korrosion nicht mehr von der Kuppelmuffe lösen[3].



Abbildung 7: klassische metallische Kuppelmuffen nach 1.000 Stunden Salzsprühtest [3]

Die Hybridkuppelmuffen weisen nach 1.000 Stunden Salzsprühtest eine Zinkkorrosion (Weißrost) im Bereich des Spindelvierkants, bedingt durch Kondensatfluss durch die Abflussbohrung, auf (s. Abbildung 8). Des Weiteren sammeln sich in den Ecken der Aussparung für das Quadratrohr Salzlückstände an [3]. Eine mikroskopische Betrachtung der Zinkkorrosion im Bereich Spindelvierkant-Zinkdruckguss-Einleger führt zu keinen neuen Erkenntnissen im Vergleich zur Zwischenbewertung nach 100 Stunden.

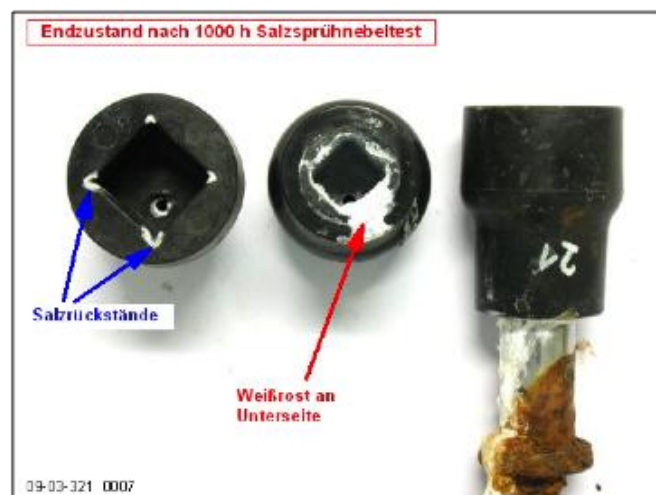


Abbildung 8: Hybridkuppelmuffen nach 100 Stunden Salzsprühtest [2]

4 Mechanische Prüfung

4.1 Versuchsaufbau und -durchführung

Zur Überprüfung des Einflusses des Salzsprühtestes auf die mechanischen Eigenschaften der Hybridkuppelmuffen erfolgte eine Torsionsprüfung der Probekörper 6, 9, 24, 25, 26, 29 und oN, die Prüfung der Probekörper mit festkorrodierten Zapfen 21, 22 und 26 sowie die Prüfung zweier Referenzkörper (2 und 8), die keine mediale Belastung erfahren haben. Die Torsionsprüfung erfolgt in Anlehnung an [4] und [5], so dass der Probenaufbau (Quadratrohr, Hybridkuppelmuffe und Spindelvierkant) zwischen zwei Aufnahmen eingespannt wird (s. Abbildung 9). Die Einleitung des Drehmoments erfolgt über Aufnahme I, Aufnahme II dient der Fixierung des Probenaufbaus. Bedingt durch die nicht hinreichend hohe Festigkeit der im realen Anwendungsfall verwendeten Materialien für Quadratrohr und Spindelvierkant werden diese durch Vollmaterial der Qualität 42CrMo4V ersetzt. Die Prüfgeschwindigkeit beträgt 20°/min bei einem definierten Anfangsmoment von 50 Nm.

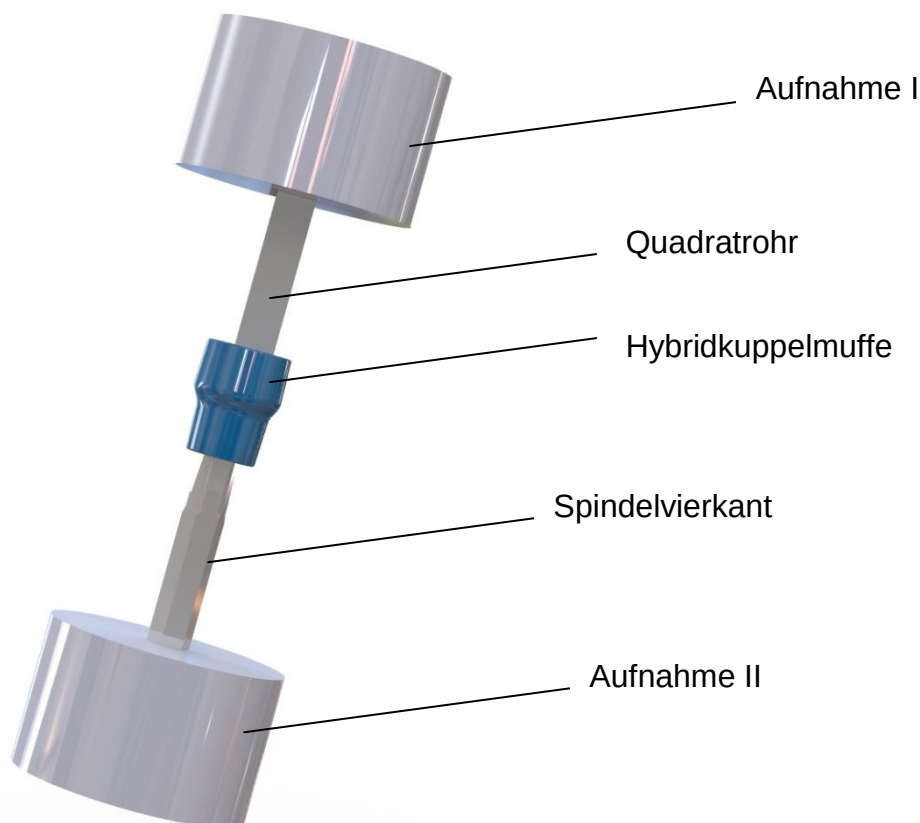


Abbildung 9: schematischer Versuchsaufbau Torsionsprüfung

Die Prüfung von Probekörper 21, 22 und 26 erfolgt, bedingt durch die Korrosion zwischen Spindelvierkant und Hybridkuppelmuffe separat, da hier kein direkter Vergleich zu den Körpern 6, 9, 24 und 25 gezogen werden kann.

4.2 Ergebnisse 100 Stunden Salzsprühtest

Abbildung 10 stellt das Drehmoment-Drehwinkel-Diagramm der vier Probekörper (2 und 8 ohne mediale Belastung) dar. Das mittlere Bruchdrehmoment beträgt 426 Nm für die nicht medial belasteten Probekörper und 420 Nm für die Probekörper mit 100-stündiger medialer Belastung. Bedingt durch die geringe Streuung ist kein signifikanter Unterschied zwischen den Probekörpern 2 und 8 sowie 29 und oN festzustellen.

Nr	Probenkennung	$\varphi_{\max}$ °	Tmax Nm	F _M N	σ_M MPa
4	2	36,43	417,48	2070	51,85
5	8	30,06	435,30	2240	2237,61
6	29	22,63	431,52	1710	1709,74
7	oN	27,38	408,46	3370	3366,69

Seriengrafik:

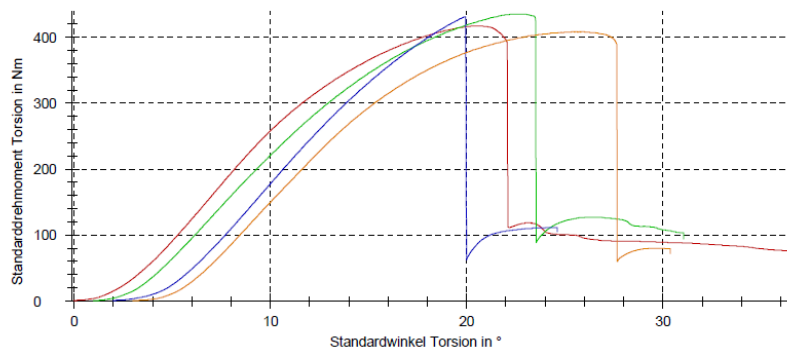


Abbildung 10: Drehmoment-Drehwinkeldiagramm Hybridkuppelmuffen DN40/50

Probekörper 26 versagt bei einem maximalen Drehmoment von 484 Nm. Nach der Prüfung lässt sich der Spindelvierkant von der Hybridkuppelmuffe lösen.

4.3 Ergebnisse 1.000 Stunden Salzsprühtest

Abbildung 11 zeigt das Drehmoment-Drehwinkel-Diagramm der vier Probekörper 6, 9, 24 und 25. Das mittlere Bruchdrehmoment beträgt 396 Nm bei einer Standardabweichung von 54 Nm, was einen weiter zu untersuchenden signifikanten Unterschied zwischen den Proben darstellt.

Nr	Probenkennung	$\varphi_{\max}$ °	$T_{\max}$ Nm	F_M N	σ_M MPa
1	KM 24 Salz	25,31	464,37	3280	3275,12
2	KM 9 Salz	27,35	350,55	2760	2758,36
3	KM 25 Salz	25,05	439,05	2680	2680,43
4	KM 6 Salz	44,39	349,28	3130	3130,29

Seriengrafik:

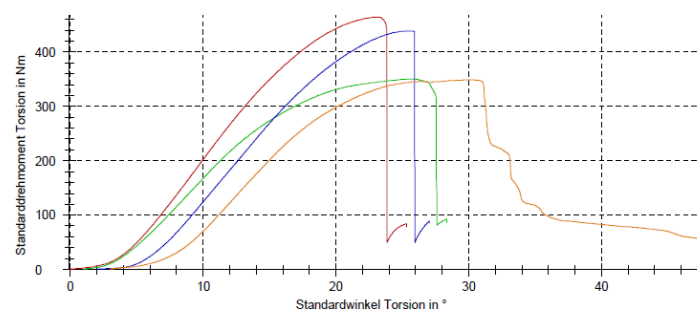


Abbildung 11: Drehmoment-Drehwinkeldiagramm Hybridkuppelmuffen DN40/50

Probekörper 24 versagt bei einem maximalen Drehmoment von 464 Nm, während der Bruch des Probekörpers 25 bei 439 Nm eintritt. Probe 6 und 9 weisen ein um ca. 100 Nmgeringeres Versagensmoment von 349 Nm bzw. 350 Nm auf(s. Abbildung 11).Der festkorrodierte Spindelvierkant bei den Proben 21 und 22 lässt sich ebenfalls wie beim 100-stündigen Salzsprühtest von der Hybridkuppelmuffe lösen. Die erreichten Bruchdrehmomente betragen 441 Nm bzw. 420 Nm (s. Abbildung 12).

Nr	Probenkennung	$\varphi_{\max}$ °	$T_{\max}$ Nm	F_M N	σ_M MPa
1	KM 21 Zapfen	23,49	441,31	3350	3346,88
2	KM 22 Zapfen	23,50	420,33	2760	2759,22

Seriengrafik:

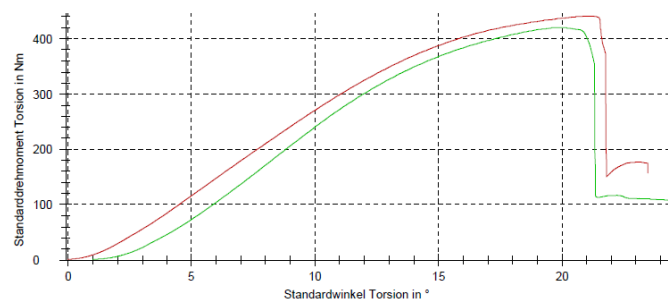


Abbildung 12: Drehmoment-Drehwinkeldiagramm Hybridkuppelmuffe mit festkorrodiertem Spindelvierkant

5 Auswertung

Ein Vergleich der Bruchdrehmomente ohne mediale Belastung, nach 100- und 1.000-stündigem Salzsprühtest (s. Abbildung 13) zeigt einen negativen Einfluss der Belastungsdauer auf die Bauteilfestigkeit, der jedoch im Bereich der Standardabweichung der Bruchdrehmomente nach 1.000-stündiger medialer Belastung liegt. Dabei weisen jedoch alle Probekörper Werte weit über dem von der DWG, für die Kuppelmuffen der Dimension DN 40/50, geforderten übertragbaren maximalen Drehmoment von 100 Nm auf.

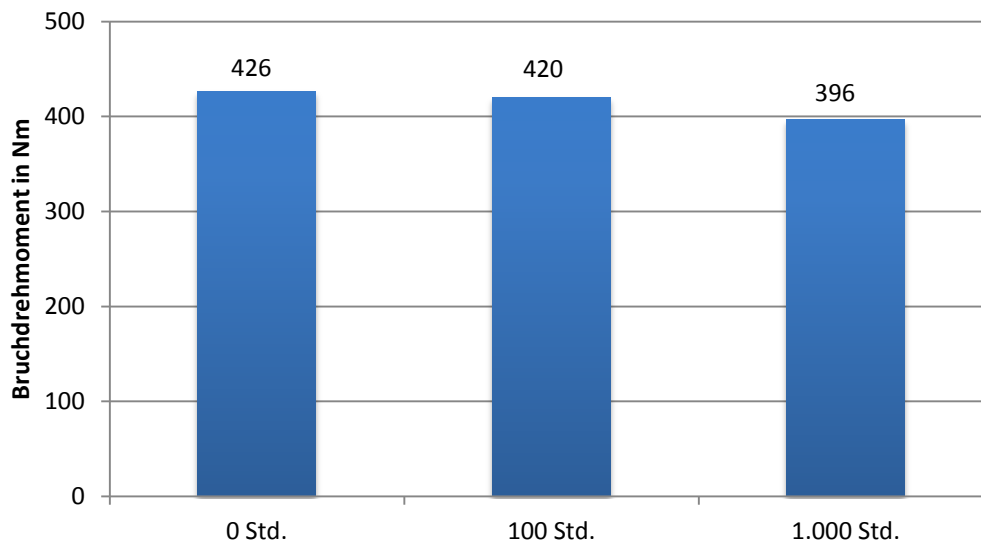


Abbildung 13: Vergleich Bruchdrehmomente

Der hohe Betrag der Standardabweichung der Bruchdrehmomente nach 1.000-stündiger Prüfung sollte jedoch Gegenstand weiterer Untersuchungen sein.

Bedingt durch die 100- und 1.000-stündige mediale Belastung der Probekörper mit Salznebel bilden die Zinkkomponenten der Hybridkuppelmuffe eine Zinkkorrosion aus. Dieser Weißrost führt zur Ausbildung einer Verbindung zwischen Hybridkuppelmuffe und Spindelvierkant, welche sich während der Torsionsprüfung lösen lässt. Die Korrosion hat keinen signifikanten Einfluss auf die maximal erreichbaren Bruchdrehmomente der Hybridkuppelmuffe.

Literatur

- [1] DIN EN ISO 9227
- [2] Prüfbericht HQM Nr. 09-03-321 Zwischenbericht 100 Std.
- [3] Prüfbericht HQM Nr. 09-03-321 Bericht 1.000 Std.
- [4] DIN 51309
- [5] DIN EN 28233

Anhang: Prüfbericht HQM Nr. 09-03-321



Prüfbericht 09-03-321 Fotodokumentation Seite 1 von 4



Abbildung 1

3 Stück Vierkanthülsen
Stahlguss verzinkt

Anlieferungszustand mit
teilweise vorhandener
Fleckigkeit an Probe 2
und 3



Abbildung 2

3 Stück von insgesamt 8
Vierkanthülsen
Zinkdruckguss kunststoff-
ummantelt

Anlieferungszustand ohne
Auffälligkeiten



Prüfbericht 09-03-321 Fotodokumentation Seite 2 von 4

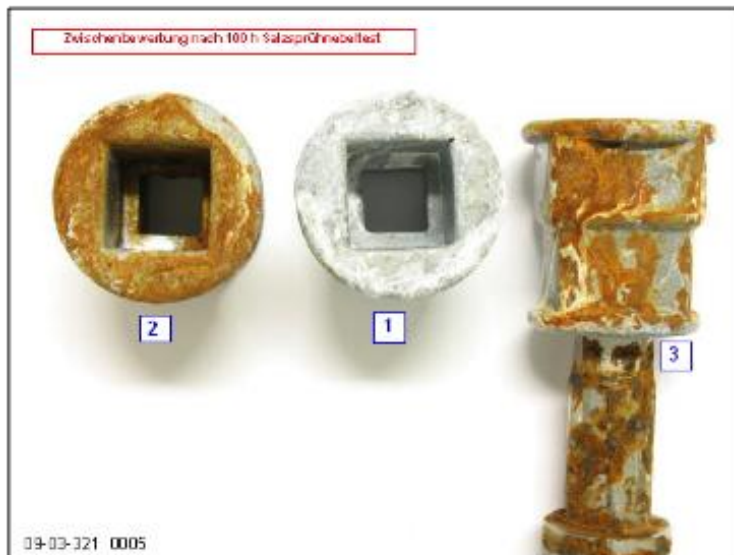


Abbildung 3

Zustand nach 100 h
Salzsprühnebeltest

Hülse 2 und 3 mit
deutlicher
Grundmetallkorrosion
(Rotrost Flächenanteil
ca. 50 %),
Hülse 2 mit großflächiger
Zinkkorrosion (Weißrost),

starke Korrosion an
Spindel,
(Hülse lässt sich nicht
mehr von Spindel
abziehen)



Abbildung 4

Zustand nach 100 h
Salzsprühnebeltest

an allen Hülsen im Bereich
der Rückseite
Zinkkorrosion
(Kondensat läuft durch
Bohrung),
Korrosion an Spindel
(Hülse lässt sich nicht
mehr von Spindel
abziehen)



Prüfbericht 09-03-321 Fotodokumentation Seite 3 von 4



Abbildung 5

Zustand nach 100 h
Salzsprühnebeltest

Vergleich der beiden
Ausführungsvarianten
Hülse in Komplettierung
mit Spindel



Abbildung 6

Zustand nach 1000 h
Salzsprühnebeltest

Hülse 2 und 3 mit
deutlicher
Grundmetallkorrosion
(Rotrost Flächenanteil 75
% / bzw. nahezu 100 %)



Prüfbericht 09-03-321 Fotodokumentation Seite 3 von 4



Abbildung 7

Zustand nach 1000 h
Salzsprühnebeltest

an der Kunststoffum-
mantelung der Hülsen sind
keinerlei Veränderungen
sichtbar,
an der Rückseite der
Hülse liegt eine leichte
Zinkkorrosion (Weißrost)
vor, da das Kondensat
durch die Bohrung abläuft



Abbildung 8

Zustand nach 1000 h
Salzsprühnebeltest

nahezu vollständige
Korrosion an Hülse und
Spindel