



LOCTITE®

NOUVEAU REVÊTEMENT RÉSISTANT À L'USURE

Leo Li, Chunfu Chen, Henry Chu, Choc Wang, équipe de DP de Henkel ACM-APAC
Le 3 septembre 2020

RÉSUMÉ

Les composés de protection contre l'usure sont des matériaux composites à base de polymères qui allient des agents de remplissage à base de céramique abrasive, procurant une résistance à l'usure supérieure, et une technologie d'époxy en deux composants offrant une forte adhérence. Un nouveau revêtement résistant à l'usure, LOCTITE® PC 7332™, a été développé et récemment lancé, pour les zones des équipements de transformation sujettes à une forte usure dans les applications de production d'énergie électrique, d'exploitation minière et d'usines d'acier, comme les pompes et les conduits de désulfuration, des pompes pour liquides chargés et des pompes utilisées pour la granulation du laitier, afin de les protéger contre les graves abrasions à l'état humide. Le revêtement LOCTITE® PC 7332™ est un produit en deux composants, à base d'époxy chargé en carbure de silicium, polymérisable à température ambiante. Sa résistance à l'abrasion a été mesurée dans différentes conditions, par des essais d'abrasion sèche, des essais d'abrasion de liquides chargés, des tests de liquides chargés de Miller et des essais d'érosion par jet de gaz. Les résultats des essais sont discutés dans la présente, et comparés à la fois avec des composés de protection contre l'usure existants, et d'autres produits de revêtements protecteurs. Les propriétés et les caractéristiques clés de ce nouveau revêtement sont également décrites.

1. INTRODUCTION

Les composés de protection contre l'usure ont été largement utilisés comme revêtement protecteur résistant à l'usure afin de protéger la durée de service des équipements industriels en les protégeant contre la corrosion, les abrasions, les attaques de produits chimiques et les autres formes d'usure qui sont rencontrées dans des environnements industriels difficiles. Ils peuvent être utilisés pour restaurer des surfaces usées ou pour protéger de nouvelles pièces.

Henkel est le chef de file et le premier fournisseur du marché mondial des composés de protection contre l'usure depuis des décennies. Nous proposons une gamme de composés de protection contre l'usure de haute performance, qui peut répondre aux besoins d'une variété d'applications de prévention de l'usure et de reconstruction.

Ces dernières années, il est requis d'améliorer davantage la résistance à l'usure et de prolonger la durée de service des équipements utilisés en raison des exigences plus élevées en matière d'efficacité de la production.

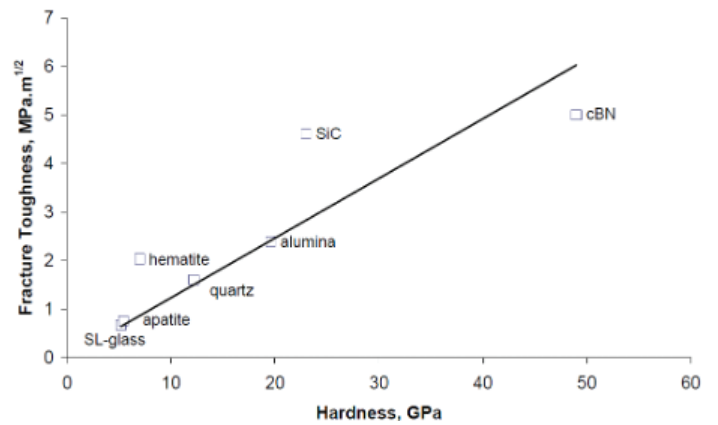
Le composant de résine des revêtements de protection contre l'usure est généralement composée de résine époxy, de diluants, de céramiques d'alumine, d'agents de couplage de silane et d'autres additifs au besoin. Le composant du durcisseur est principalement composée d'amine aliphatique, de polyamide, de boules de céramiques d'alumine, et d'autres additifs ajoutés au besoin.

L'alumine est couramment utilisée comme le principal agent de remplissage à base de céramique abrasive pour les composés de protection contre l'usure en raison de ces bonnes propriétés de résistance à l'usure et de la facilité de son approvisionnement. Comme montré dans la figure n° 2 [2, 3], le carbure de silicium procure un durcissement et une résistance supérieurs, indiquant un rendement en matière de protection contre l'usure plus élevé lors de l'utilisation actuelle. Les propriétés du carbure de silicium et de l'alumine sont comparées dans le tableau n° 2.

TABLEAU n° 2. Propriétés du carbure de silicium et de l'alumine

Propriétés	Carbure de silicium	Alumine
Masse volumique réelle, g/cm ³	3,21	3,98
Dureté Knoop, Hk	2 600	2 000
Point de fusion, °C	2 600 (rupture)	2050
Chaleur massique, kJ/kg • K	0,63 à 1,26	0,92 à 1,26
Cond. thermique, W/mK		
Ambiante	167,6	30,2
400 °C	67,0	13,0
1 000 °C	46,9	6,3
CDT, 10-6/K		
Ambiante	3,8	6,9
400 °C	4,1	7,8
1 000 °C	4,8	8,3

FIGURE N° 2 Dureté et ténacité des agents de remplissage abrasif habituels



Un nouveau produit, LOCTITE® PC 7332™, a été élaboré avec succès et lancé récemment. LOCTITE® PC 7332™ a été qualifié et utilisé pour la protection des pompes pour liquides chargés dans des conditions extrêmes d'abrasion à l'état humide,





2. MATÉRIAUX ET MÉTHODES

2.1 Matériau

LOCTITE® PC 7332™, LOT A N°: PM171220A;

LOCTITE® PC 7332™ LOT B N°: PM171229B

2.2 Méthodes et paramètres des essais

L'essai d'abrasion sèche a été réalisé par l'abrasimètre sec DUCOM TR-50 conformément à la norme ASTM G-65.

L'essai d'abrasion de liquides chargés a été réalisé par l'appareil pour essais d'abrasion de liquide chargés DUCOM TR-44, conformément à la norme ASTM G-75.

Paramètres des essais	Vitesse : 100 t/m
	Révolution : 200
	Charge : 5 kg
	Dimensions de la pièce d'essai : 76 x 25,4 x 12,7 mm

Paramètres des essais	Vitesse : 100 t/m
	Révolution : 300
	Charge : 10,09 kg
	Liquide chargé : 2 kg de Al ₂ O ₃ + 500 ml d'eau
	Dimensions de la pièce d'essai : 76 x 25 x 6 mm

DUCOM TR-50



DUCOM TR-44



2.2 Méthodes et paramètres des essais (suite)

Le test de Miller est effectué par la machine DUCOM TR-45 Miller and Sar number, conformément à la norme ASTM G75 -01. Les coudes de transport, les goulottes et autres équipements. Il est généralement utilisé pour des applications dans une plage de températures allant de -30 °C à 120 °C.

Paramètres des essais	Charge sur chaque bras : 22,4N
	Durée de l'essai : 2 heures
	Liquide chargé : 2 kg de Al2O3+ 500 ml d'eau
	Longueur de course : 203,2 mm

DUCOM TR-45



L'essai d'érosion par jet de gaz est effectué par l'appareil pour essai d'érosion par jet de gaz DUCOM TR-471- 900, conformément à la norme ASTM G-76.

Paramètres des essais	Décharge d'érodant : 2 g/min
	Vélocité de l'érodant : 72 m/seconde
	Condition de l'essai : Température ambiante
	Durée de l'essai : 15 minute sur chaque support
	Érodant consommé : 30 000 mg
	Dimension de la pièce d'essai : 25 x 25 x 5 mm

DUCOM TR-471-900



3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 Description du produit

Le revêtement LOCTITE® PC 7332™ est un système époxy 100 % solide, chargé en carbure de silicium, polymérisable à température ambiante, conçu pour protéger, reconstruire et réparer les zones des équipements de transformation sujettes à une forte usure, comme les pompes et les conduits de désulfuration, des pompes pour liquides chargés et des pompes utilisées pour la granulation du laitier, afin de les protéger contre les graves abrasions à l'état humide. Ce produit peut également être employé pour les abrasions causées par les particules à l'état sec dans

3.2 Composition et propriété

3.3 Résistance à l'abrasion

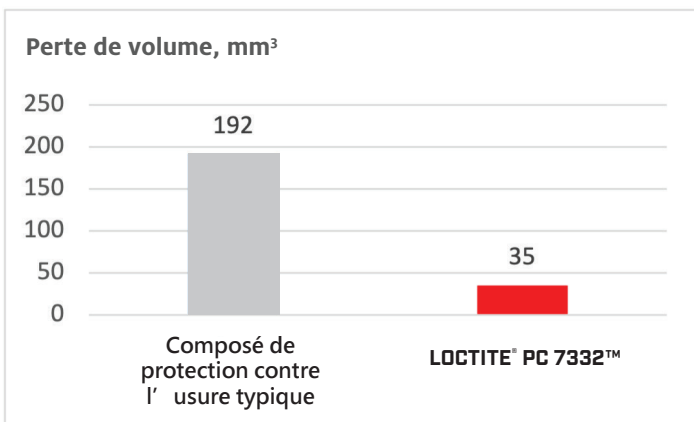
La résistance à l'abrasion de LOCTITE® PC 7332™ a été mesurée à l'aide de quatre méthodes d'essai d'abrasion différentes afin d'évaluer et de simuler son rendement de protection contre l'usure pour des applications industrielles variées. Les résultats ont été comparés et discutés avec ceux d'autres produits de revêtements protecteurs [4].

3.3.1 Résistance à l'abrasion sèche

Les essais d'abrasion sèche permettent de déterminer la résistance des matériaux à l'usure à l'abrasion par rayures au moyen de sable sec et d'une roue en caoutchouc. Ces résultats peuvent être utilisés pour simuler des applications de résistance à l'usure comme les distributeurs de charbon et les broyeurs, les coudes et les conduits des usines de minerai aggloméré, ainsi que les conduites des chambres de filtration du ciment. Les résultats des essais effectués pour LOCTITE® PC 7332™ sont résumés dans le tableau n° 4. Son résultat relatif à la perte de volume est comparé à celui d'un composé de protection contre l'usure typique dans la figure n° 3. Comme en témoigne cette figure, la perte de volume de LOCTITE® PC 7332™ est moins importante, indiquant une durée de vie du revêtement plus longue. Comparé aux autres produits de revêtements protecteurs, il a été mis en évidence que le revêtement LOCTITE® PC 7332™ procure le plus haut niveau de résistance à l'abrasion sèche parmi tous les produits testés jusqu'à aujourd'hui. Sa perte de volume est même plus faible que celle des composés de protection contre l'usure polymérisant à la chaleur.

TABLEAU n° 4. Essai d'abrasion sèche pour LOCTITE® PC 7332™			
Échantillon n°	Poids, mg [initial, final, perte]	Perte de poids, mg	Perte de volume, mm ³
1	52319, 52249, 70	80	35
2	46714, 46626, 88		
3	46829, 46748, 81		

FIGURE N° 3. Résultats des pertes de volume pour les essais d'abrasion sèche.

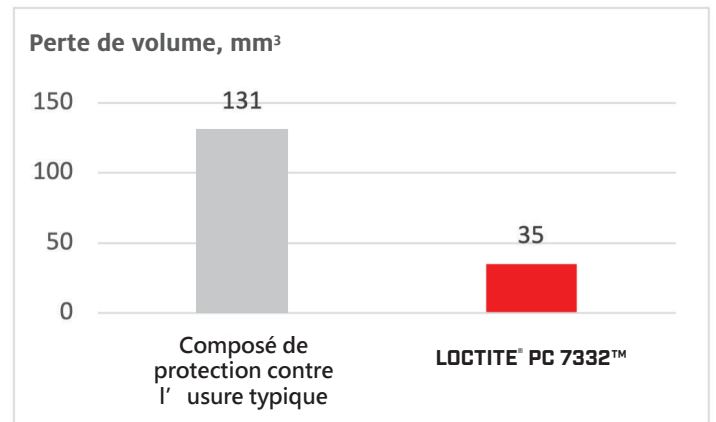


3.3.2 Résistance à l'abrasion des liquides chargés

Les essais d'abrasion des liquides chargés permettent de déterminer la résistance des matériaux à l'usure à l'abrasion humide causée par de l'alumine passée entre une roue en acier et l'échantillon polymérisé. Ces résultats peuvent être utilisés afin de simuler des applications de résistance à l'usure pour les pompes de manipulation des cendres et les clarificateurs dans le traitement des eaux usées. Les résultats des essais effectués pour LOCTITE® PC 7332™ sont résumés dans le tableau n°. Son résultat relatif à la perte de volume est comparé à celui d'un composé de protection contre l'usure typique dans la figure n° 4. La perte de poids de LOCTITE® PC 7332™ est moins importante, équivalent à environ 1/4 de celle d'un produit ordinaire. Ce résultat montre que LOCTITE® PC 7332™ offre également un meilleur rendement et peut durer beaucoup plus longtemps dans des conditions d'usure humides au contact de liquides chargés dans divers types d'applications réelles

TABLEAU n° 5. Essai d'abrasion de liquides chargés pour LOCTITE® PC 7332™			
Échantillon n°	Poids, mg [initial, final, perte]	Perte de poids, mg	Perte de volume, mm ³
1	26979, 26896, 83	79	35
2	27511, 27436, 75		
3	25985, 25899, 86		

FIGURE N° 4. Résultats des pertes de volume pour les essais d'abrasion de liquides chargés.

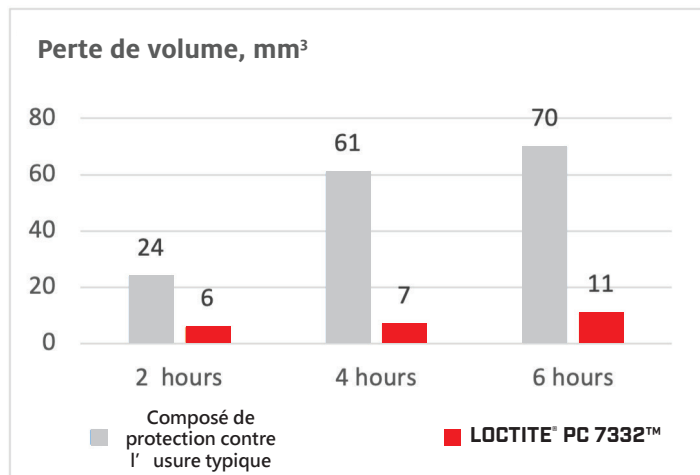


3.3.3 Abrasion des liquides chargés de Miller

Le test de liquides chargés de Miller permet de déterminer soit l'abrasivité relative d'un liquide chargé ou la réponse de divers matériaux à l'abrasivité de différents liquides chargés. Ces résultats peuvent être utilisés afin de simuler des applications de protection à l'usure pour les pompes de manipulation des liquides chargés dans les usines de production d'énergie, les tuyaux et les coudes de manipulation des cendres dans les systèmes de manipulation des matériaux, ainsi que les pompes à déblais. Les résultats des tests de Miller effectués pour LOCTITE® PC 7332™ sont résumés dans le tableau n° 6. Son résultat relatif à la perte de volume est comparé à celui d'un composé de protection contre l'usure typique dans la figure n°. Comme en témoigne cette figure, la perte de volume de LOCTITE® PC 7332™ est moins importante. Comparé aux autres produits de revêtements protecteurs, il a été mis en évidence que le revêtement LOCTITE® PC 7332™ procure le plus haut niveau de résistance à l'abrasion des liquides chargés parmi tous les produits testés jusqu'à aujourd'hui. Sa perte de volume est même plus faible que celle des composés de protection contre l'usure polymérisant à la chaleur.

TABLEAU n° 6. Test de Miller pour LOCTITE® PC 7332™		
Échantillon n°	Poids, mg [Initial, 2 h, 4 h, 6 h]	Perte de poids, mg [2 h, 4 h, 6 h]
1	4036, 4020, 4017, 4012	16, 19, 24
2	3886, 3873, 3868, 3855	13, 18, 31
3	3917, 3906, 3904, 3900	11, 13, 17
Perte de poids moyenne, mg		13, 17, 24
Perte de volume, mm ³		6, 7, 11

FIGURE N° 5. Résultats des pertes de volume pour les tests de Miller.

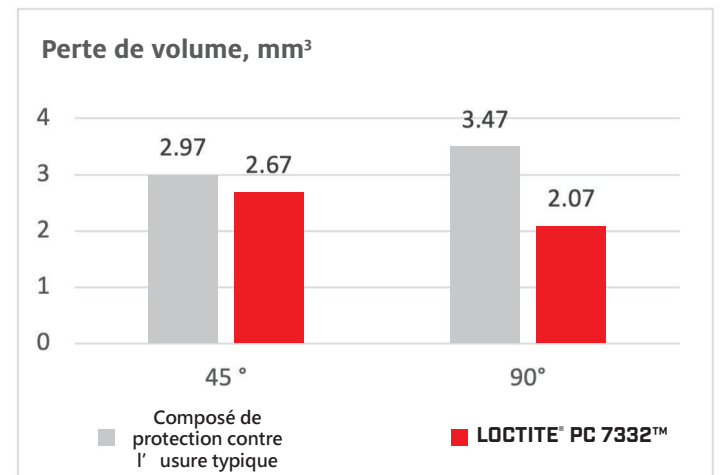


3.3.4 Érosion par jet de gaz

L'essai d'érosion par jet de gaz permet de déterminer la perte de matériau due à l'érosion par impact de particules solides entraînées par le gaz. Ces résultats peuvent être utilisés afin de simuler des applications de résistance à l'usure pour les broyeurs à cru, les chambres de filtration et les refroidisseurs des tourailles dans l'industrie du ciment, les cônes internes et les systèmes de manipulation des cendres dans l'industrie de production d'énergie électrique, ainsi que les équipements des hauts fourneaux dans les industries de l'acier et du charbon. Les résultats des essais d'érosion par jet de gaz effectués pour LOCTITE® PC 7332™ sont résumés dans le tableau n° 7. Son résultat relatif à sa perte de volume est comparé à celui d'un composé de protection contre l'usure typique dans la figure n°. Comme le montre cette figure, la perte de volume de LOCTITE® PC 7332™ est moins importante que celle d'un composé de protection contre l'usure typique, dans les essais à 4° et 90°. Comparé aux autres produits de revêtement de protection testés, LOCTITE® PC 7332™ offre le meilleur rendement.

TABLEAU n° 7. Essai d'abrasion sèche pour LOCTITE® PC 7332™				
Angle d'impact	Échantillon n°	Poids, mg [initial, final, perte]	Perte massique, mg	Perte de volume, mm ³
4°	1	7 204, 7199, 5	6	2,67
	2	6669, 6662, 7		
	3	6341, 6335, 6		
90°	1	689, 6889, 6	5	2,07
	2	7160, 7156, 6		
	3	626, 6261, 4		

FIGURE N° 6. Résultats des pertes de volume pour les essais d'érosion par jet de gaz.





4. CONCLUSION

Le revêtement LOCTITE® PC 7332™ a été élaboré pour être un composé offrant une forte résistance à l'usure en optimisant à la fois la composition de la résine époxy et celles des agents de remplissages abrasifs. Le rendement exceptionnel de la résistance à l'usure et de la durée de service a été confirmé au travers d'applications de protection des pompes pour liquides chargés dans des conditions environnementales d'abrasion à l'état humide extrêmes, dans une usine d'acier. Les résultats des différents essais tribologiques montrent que le revêtement LOCTITE® PC 7332™ détient le plus haut niveau de résistance à l'abrasion selon les diverses méthodes d'essai. Ceci suggère que l'utilisation du revêtement LOCTITE® PC 7332™ convient pour protéger, reconstruire et réparer les zones des équipements de transformation sujettes à une forte usure, dans les applications de production d'énergie électrique, d'exploitation minière et des usines d'acier, comme les pompes et les conduits de désulfuration, des pompes pour liquides chargés et des pompes utilisées pour la granulation du laitier, qui sont soumises à des graves abrasions à l'état humide. LOCTITE® PC 7332™ peut également être employé pour les abrasions causées par les particules à l'état sec dans les coudes de transport, les goulottes et autres équipements.

