

tom 62
3•2019

marzec

PL ISSN 0473-7733
e-ISSN 2449-9501

cena 40 zł (w tym 5% VAT)

MIESIĘCZNIK

ochrona

Corrosion
Protection

70 lat
WYDAWNICTWO SIGMA-NOT

przed korozją



PARTNER



PEWNOŚĆ
W EKSTREMALNYCH
WARUNKACH



www.belse.com.pl

ANTYKOROZJA 2019
Systemy - Materiały - Powłoki

MACIEJ HAJDUGA

Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej

WĘGRZYNKIEWICZ SYLWIA

BELOS-PLP S.A., Bielsko-Biała

MAREK MAŚLANKA

Instytut Badań i Rozwoju Motoryzacji BOSMAL Sp. z o.o., Bielsko-Biała

KRZYSZTOF LALIK

BELOS-PLP S.A., Bielsko-Biała

ZYGMUNT GŁUCHOWSKI

ZJG Kooperacja Przemysłowo-Handlowa, Gliwice

DOI: 10.15199/40.2019.3.5

Wpływ obróbki wibrościerniej na odporność korozyjną powłoki cynkowej

The influence of the vibro-abrasive machining on the corrosion resistance of the zinc coatings

W pracy przedstawiono wyniki badań wpływu obróbki wibrościerniej na jakość i odporność korozyjną elementów osprzętu sieciowego cynkowanego ogniowo. Obiektem badań były łączniki główkowo – ucho- we wykonane ze stali gat. 41Cr4. Po procesie cynkowania ogniowego zastosowano obróbkę wibrościerną w urządzeniu typu R 320 z użyciem kształtek ceramicznych typu R 8/10 oraz płynu technologicznego typu COMPOUND FC. Zastosowanie wykańczania wibracyjnego było konieczne z uwagi na poprawę walorów estetycznych wyrobów cynkowanych z odwirowaniem.

Badania porównawcze przeprowadzono dla próbek bez obróbki oraz z obróbką wibrościerną. Wykonano pomiar mikrotwardości metodą Vickersa zgodnie z PN-EN ISO 6507 oraz badania metalograficzne celem oceny struktury i pomiaru grubości powłoki cynkowej. Ocenę odporności korozyjnej przeprowadzono zgodnie z PN-EN ISO 9227.

Stwierdzono, że zastosowanie dodatkowej obróbki po cynkowaniu poprawia cechy estetyczne wyrobów oraz znacząco nie wpływa na obniżenie odporności korozyjnej powłok cynkowych. Po 500 h w komorze solnej na próbce po dodatkowej obróbce obszary z korozją czerwoną są nieznacznie większe niż na próbce bez obróbki.
Słowa kluczowe: obróbka wibrościerna, cynkowanie ogniowe, powłoka cynkowa, odporność korozyjna

1. Wprowadzenie

Zgodnie z PN-EN ISO 1461 podstawowym zadaniem powłoki cynkowej jest ochrona przed korozją stali lub żeliwa. Rozważania związane z estetyką lub cechami dekoracyjnymi są drugorzędne. Jeśli jednak w określonym zastosowaniu właściwości dekoracyjne

This paper presents the influence of the vibro-abrasive machining on the corrosion resistance of the zinc coatings.

Research was focused on ball-eye links, made of steel grade 41Cr4. The vibro-abrasive machining was carried out in an R 320 device using porcelain polishing fittings type R 8/10 and technological liquid type COMPOUND FC after hot dip galvanizing. The use of vibratory finishing was necessary due to the improvement of the aesthetic qualities of centrifuged products.

Comparative tests were conducted for samples without and with vibro-abrasive machining. The microhardness measurement was carried out using Vicker's method according to standard EN ISO 6507 and metallographic tests to assess the structure and measurement of the zinc coating thickness. The assessment of corrosion resistance was carried out in accordance with EN ISO 9227.

It was found that the use of additional treatment after galvanizing improves aesthetic features of products and does not significantly reduce its corrosion resistance. After 500 hours in a salt chamber on the sample after vibro-abrasive machining, the areas with red corrosion are slightly higher than on the sample without vibro-abrasive machining.

Keywords: vibro-abrasive machining, hot-dip galvanizing, zinc coating, corrosion resistance

1. Introduction

According to EN ISO 1461 the primary purpose of the galvanized coating is to protect the iron or steelwork against corrosion. Considerations related to aesthetics or decorative features should be secondary. Where these secondary features are also of impor-

prof. dr hab. n.t. Maciej Hajduga – Wydział Inżynierii Materiałowej, Budownictwa i Środowiska Akademii Techniczno – Humanistycznej w Bielsku-Białej, ul. Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała

dr inż. Sylwia Węgrzynkiewicz, Wydział Cynkowni, BELOS-PLP S.A. ul. gen. J. Kustronia 74, 43-301 Bielsko-Biała

mgr inż. Marek Maślanka, Instytut Badań i Rozwoju Motoryzacji BOSMAL Sp. z o.o., ul. Sarni Stok 93, 43-300 Bielsko-Biała

mgr inż. Krzysztof Lalik, Oddział Produkcji Osprzętu Sieciowego, BELOS-PLP S.A. ul. gen. J. Kustronia 74, 43-301 Bielsko-Biała

mgr inż. Zygmunt Głuchowski, ZJG Kooperacja Przemysłowo-Handlowa, ul. Łódzka 32, 44-164 Gliwice

■ Otrzymano / Received: 10.02.2019 • Przyjęto / Accepted: 22.02.2019



Rys. 1. Wady powłoki cynkowej identyfikowane po procesie cynkowania ogniowego z odwirowaniem [badania własne]

Fig. 1. Disadvantages of the zinc coating identified for centrifuged products [own research]

są równie ważne, to zaleca się, aby wykonawca powłoki i zamawiający uzgodnili szczegóły standardowego wykończenia powierzchni. Norma [8] precyzuje zalecenia dotyczące wyglądu powłoki cynkowej. Wszystkie powierzchnie istotnie ważne na ocynkowanych wyrobach powinny być wolne od zgrubień, pęcherzy, miejsc chropowatych i ostrych (jeżeli grożą zranieniem) i obszarów bez powłoki. Powłoka cynkowa powinna być wolna od pozostałości topnika. Zgrubienia cynku oraz pozostałości popiołu cynkowniczego są niedopuszczalne, jeśli mogłyby utrudnić użytkowanie wyrobu stalowego zgodnie z przeznaczeniem, lub obniżyć wymaganą odporność na korozję. Należy podkreślić, że „chropowatość” i „gładkość” powłoki cynkowej są pojęciami względnymi. Ustalenie definicji wyglądu i wykończenia powierzchni uwzględniającej wszystkie wymagania jest praktycznie niemożliwe [8].

Wymagania stawiane wyrobom cynkowanym ogniowo są z roku na rok wyższe. Temat jest szczególnie istotny dla odkuwek cynkowanych z odwirowaniem. Podczas procesu odwirowania nadmiar cynku jest zarzucany losowo na detale znajdujące się w koszu wirówki. W ten sposób na powierzchni cynkowanych wyrobów powstają zgrubienia, zadziory, ostre miejsca, które obniżają jakość wyrobu (rys. 1). Po procesie konieczny jest przegląd cynkowanej partii wyrobów oraz poprawa braków. Ręczne wykończenie i czyszczenie powierzchni detali jest niezwykle czasochłonne, co przekłada się na ekonomię procesu. Ta sytuacja ma szczególne znaczenie w przypadku złożonych części w masowej produkcji.

Chęć obniżenia kosztów oraz stabilizacji produkcji pod względem jakości wymaga poszukiwania skutecznych metod wykańczania. Jedną z możliwości jest obróbka wibrościerna [2]. Proces ten znajduje coraz szersze zastosowanie szczególnie w produkcji wielkoseryjnej wyrobów o niewielkich wymiarach [1-4,14]. Obróbka wibrościerna polega na usuwaniu niewielkich naddatków materiału, w wyniku względnych przemieszczeń kształtek ściernych w stosunku do przedmiotów obrabianych. W czaszy roboczej urządzenia znajdują się detale, kształtki, woda i płyn technologiczny, które są wprawiane w ruch przez system napędu wibracyjnego. Powoduje to stały wzajemny ruch mediów i obrabianych detali. Podczas oddziaływań elementów obrabianych z kształtkami ściernymi orientacja ziaren ściernych względem głównych kierunków kinematycznych w chwili zetknięcia z przedmiotem obrabianym ma charakter losowy [1,2,4]. Tego typu wygładzanie często prowadzone jest w obecności roztworów wodnych środków chemicznych wspomagających przebieg procesu. Producenci nie ujawniają składu chemicznego tych substancji informując jedynie o zakresie ich zastosowań [4,14].

Celem pracy była ocena wpływu obróbki wibrościerniej na odporność korozyjną powłoki cynkowej. Zastosowanie wykończenia wibrościernego w procesie produkcji osprzętu sieciowego ma za zadanie poprawić estetykę powłoki poprzez eliminację zgrubień cynku i zadziorów, a także skrócić czas przebywania detali na produkcji.

tance, it is highly recommended that the galvanizer and customer agree on the details of the standard surface finish.

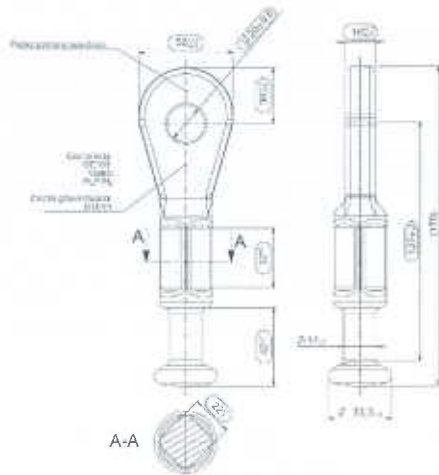
The standard [8] gives the recommendations regarding the appearance of the zinc coating. The significant surfaces of all the hot dip galvanized articles shall be free from nodules, blisters, roughness and sharp points (if either can cause injury) and uncoated areas. The zinc coating should be free of flux residues. Lumps and zinc ash shall not be permitted where they might affect the intended use of the hot dip galvanized article or its corrosion resistance requirement. It should be noted that “roughness” and “smoothness” are relative terms. In practice, it is not possible to establish a definition of appearance and finish covering all requirements [8].

The requirements for hot-dip galvanized products are higher each year. It is particularly important for centrifuged forgings. During the centrifugation process, the excess zinc is randomly cast on the details in the centrifuge basket. Consequently, gouges, burrs, sharp points that reduce the quality of the product (Fig. 1) are formed on the galvanized products. Finally, it is necessary to check the galvanized batch of products and to improve the gaps. Manual finishing and cleaning of the surface of the details is extremely time-consuming, what increases the cost of these operations. This situation is importance for complex parts in mass production.

The desire to reduce the production costs and stabilize production in terms of quality, requires the search for effective methods of finishing. One of the possibilities to propose finishing methods is vibro-abrasive machining [2]. This process is becoming more widely used, especially in the production of large-scale products with small dimensions [1-4,14].

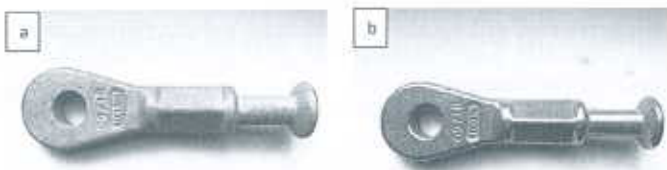
Vibro-abrasive machining consists in removing small excess material, as a result of relative displacements of abrasive shapes in relation to workpieces. In the working bowl of the device there are details, fittings, water and process fluid that are set in motion by the vibratory drive system. This results in permanent mutual movement of media and processed details. During the interactions of workpieces with abrasive profiles, the orientation of abrasive grains relative to the main kinematic directions at the moment of contact with the workpiece is random [4]. This type of smoothing is often carried out in the presence of aqueous solutions that support the process. Manufacturers do not reveal the chemical composition of these substances only inform about the scope of their applications [4,14].

The purpose of the work was to assess the influence of the vibro-abrasive treatment on the corrosion resistance of the zinc coating. The use of vibro-abrasive finishing in the production process of fittings for overhead power line is designed to improve the aesthetics of the coating by eliminating zinc beads and burrs, as well as shorten the time of detecting the details on the production.



Rys. 2. Obiekt badań: łącznik główkowo-uchowy

Fig. 2. Object of the research: ball-eye link



Rys. 3. Łącznik główkowo-uchowy: a – przed obróbką wibrościerną, b – po obróbce wibrościerną

Fig. 3. Link: a – before vibro-abrasive machining, b – after vibro-abrasive machining

2. Badania własne

2.1. Obiekt badań

Badania przeprowadzono na łącznikach główkowo - uchowych wykonanych ze stali gatunku 41Cr4, wykorzystywanych w energetyce. Przykład łącznika główkowego przedstawiono na rysunku 2.

2.2. Przygotowanie łączników do badań

Odkwkę łącznika normalizowano i śrutowano śrutem stalowym GL 40. Następnie wiercono otwór, wykonano ulepszenie cieplne do HB = 250 [+/- 20], ponownie śrutowano.

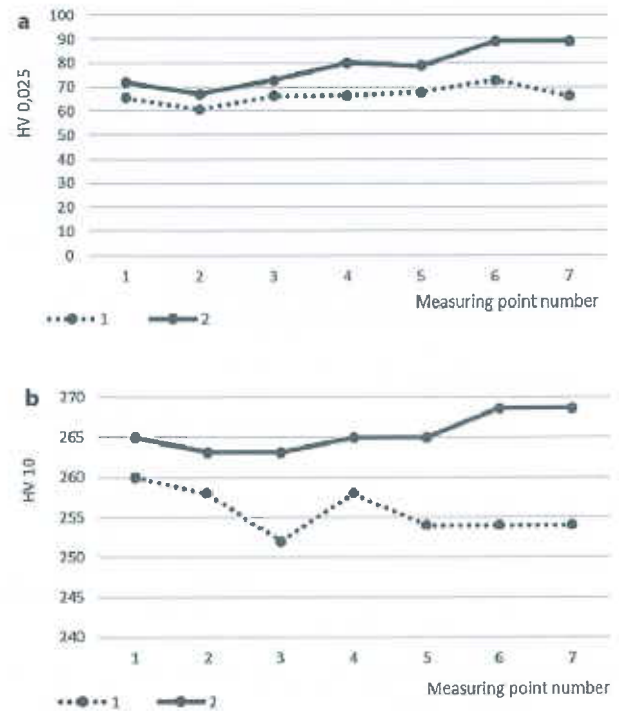
Przed cynkowaniem łączniki trawiono w kwasie solnym (r-r 9,8%), płukano w wodzie i topnikowano w Tibflux60 (pH 4,8). Następnie detale cynkowano ogniowo zgodnie z PN-EN ISO 1461 w kąpielu wzbogaconej niklem, bizmutem i aluminium w temperaturze 455°C, czas zanurzenia 2 min. Skład chemiczny kąpiel przedstawiał się następująco (% mas.): 99,874 Zn, 0,0431 Ni, 0,0479 Bi, 0,00020 Al, 0,0273 Fe, 0,0009 Sn, 0,0051 Cu, 0,0012 Cd. Po cynkowaniu nadmiar cynku odwirowano na wirówce stacjonarnej.

Po procesie cynkowania ogniowego łączniki podzielono na dwie grupy. Grupę 1 stanowiły łączniki dla których zastosowano standardowy sposób postępowania, bez obróbki wibrościerną. Dla łączników z grupy 2 przeprowadzono obróbkę wibrościerną. Proces wykonano w urządzeniu typu R 320 z użyciem kształtek ceramicznych typu R 8/1 oraz płynu technologicznego typu COMPOUND FC. Parametry obróbki opracowała firma ZJG Kooperacja Przemysłowo-Handlowa z Gliwic i zostały one objęte tajemnicą. Widok łączników przed i po procesie obróbki wibrościerną przedstawiono na rysunku 3.

3. Metodyka i wyniki badań

3.1. Pomiar twardości

Pomiar twardości wykonano metodą Vickersa zgodnie z PN-EN ISO 6507 [10]. Pomiar HV 0,025 wykonano dla powłoki cynkowej, natomiast HV 10 dla rdzenia stali. Wyniki przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Wyniki pomiaru twardości: a – dla powłoki cynkowej HV 0,025, b – dla stali gat. 41Cr4 HV 10

Fig. 4. The hardness measurement results: a – for zinc coating HV 0,025, b – for steel core 41Cr4 grade HV 10

2. Own research

2.1. Object of the research

Research was focused on ball-eye links, made of steel grade 41Cr4, used in energy. An example of ball-eye link is shown in Figure 2.

2.2. Preparation of material for research

Forgings of links were normalized and shot blasted with GL 40 steel shot. The holes were drilled. Then, samples were quenched and tempered to 250 HB [+/- 20] and shot blasted.

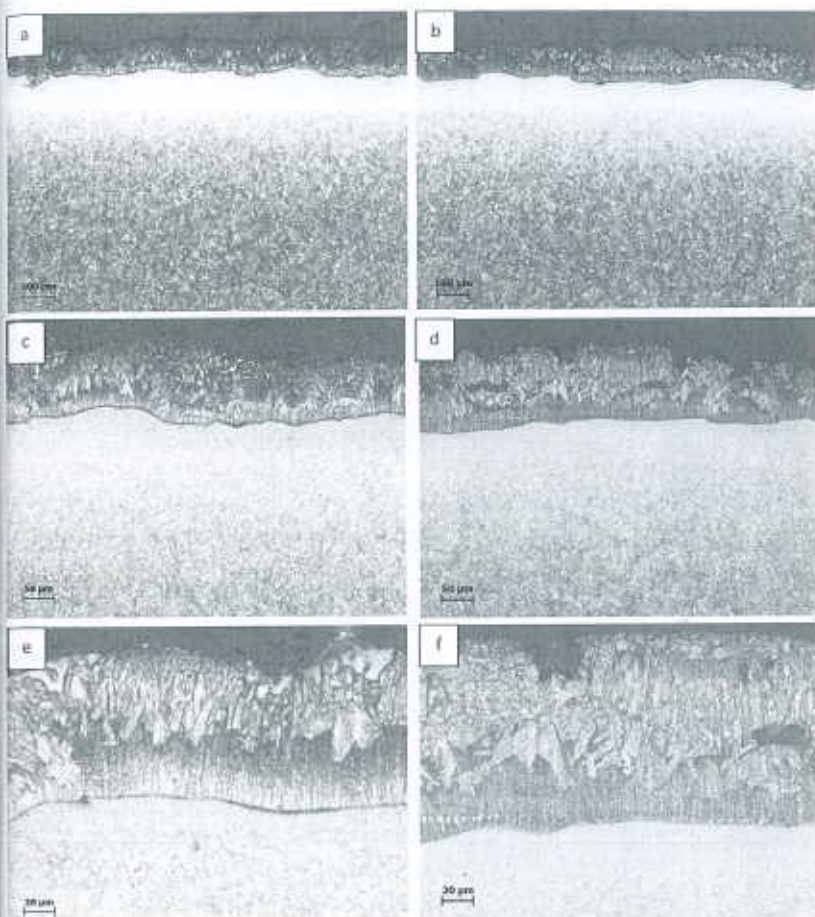
Before hot-dip galvanizing links were etched in HCl solution (9,8%), rinsed in water and fluxed in Tibflux60 (pH 4,8). In the next stage, the hot-dip galvanizing proces was carried out acc. to EN ISO 1461 in zinc bath enriched in nickel, bismuth and aluminium in temp. 455°C, dipping time 2 min. The bath chemical composition was as follows (% weight): 99,874 Zn, 0,0431 Ni, 0,0479 Bi, 0,00020 Al, 0,0273 Fe, 0,0009 Sn, 0,0051 Cu, 0,0012 Cd. After galvanizing, the excess zinc was centrifuged on a stationary centrifuge.

After hot-dip galvanizing links were divided into two group. For Group 1 standard procedure was applied, without vibro-abrasive treatment. A vibro-abrasive machining was carried out for the links from Group 2. The process was conducted in the R 320 device using porcelain polishing fittings type R 8/1 and technological liquid type COMPOUND FC. The parameters of technology were developed by ZJG Kooperacja Przemysłowo-Handlowa from Gliwice and they were covered by secrecy. Selected links before and after the vibro-abrasive treatment is shown in Figure 3.

3. Methodology and results research

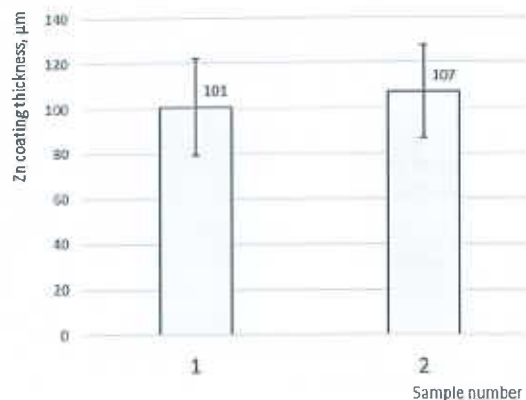
3.1. Hardness measurement

The hardness measurement was carried out using Vicker's method acc. to EN ISO 6507 [10]. The measurement HV 0.025 was made for the zinc coating, the HV 10 for the steel core. The results of hardness measurement are shown in Figure 4.



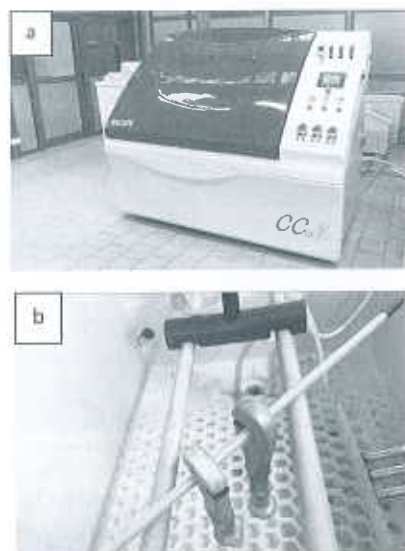
Rys. 5. Mikrostruktura powłoki cynkowej na powierzchni łączników: a,c,e – bez obróbki wibrościernej, b,d,f – po dodatkowej obróbce wibrościernej

Fig. 5. The microstructure of the zinc coating on links: a,c,e – without vibro-abrasive machining, b,d,f – after vibro-abrasive machining



Rys. 6. Wyniki pomiaru grubości powłoki Zn: 1 – bez obróbki, 2 – po obróbce

Fig. 6. The results of the zinc coatings thickness measurements: 1 – without vibro-abrasive machining, 2 – after vibro-abrasive machining



Rys. 7. Ocena odporności korozyjnej: a – komora solna ASCOTT CC 1000iP, b – sposób umieszczenia łączników w komorze

Fig. 7. Evaluation of corrosion resistance: a – the ASCOTT CC 1000iP salt chamber, b – placing details in the salt chamber

3.2. Analiza metalograficzna

Do badań metalograficznych mikroskopowych przeznaczono próbki łączników po cynkowaniu ogniowym. Zgłady przygotowano w sposób klasyczny. Powierzchnię trawiono nitałem. Obserwacje prowadzono na mikroskopie świetlnym Carl Zeiss Axiomager M1m przy powiększeniu 50, 100, 200 i 1000x. Wybrane wyniki obserwacji przedstawiające mikrostrukturę powłoki Zn zamieszczono na rysunku 5. Dla wszystkich próbek po cynkowaniu dokonano pomiaru grubości powłoki Zn metodą mikroskopową zgodnie z PN-EN ISO 1463 [7]. Wyniki pomiaru przedstawiono na rysunku 6.

3.3. Ocena odporności korozyjnej

Łączniki po cynkowaniu ogniowym poddano działaniu obojętnej mgły solnej zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 9227 [11]. W badaniach użyto komorę ASCOTT CC 1000iP, sposób umieszczenia detali w komorze solnej przedstawiono na rysunku 7.

Wyniki obserwacji po 300 i 500 h przebywania w komorze solnej przedstawiono na rysunkach 8 – 10.

3.2. Metallographic tests

Metallographic examinations was made for all samples after hot-dip galvanizing. Metallographic specimens were prepared in classic way. To microscopic observation the microscope Axiomager M1m Carl Zeiss was used with magnification: 50, 100, 200 and 1000x. Chosen results of observation - the zinc coating microstructures are presented in Figure 5. The measurement of Zn coating thickness acc. to EN ISO 1463 [7] was made for all samples after galvanizing. The results of zinc coating thickness are presented in Figure 6.

3.3. Evaluation of the corrosion resistance

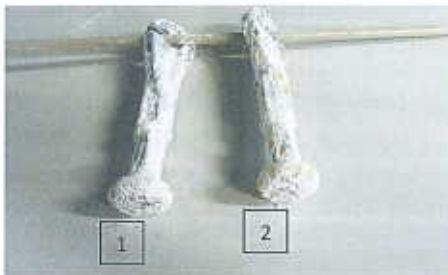
Links after hot-dip galvanizing were treated with neutral salt fog in accordance with the requirements of EN ISO 9227 [11]. The ASCOTT CC 1000iP chamber was used in the tests, the method of placing details in the salt chamber is shown in Figure 7.

The results of the observation after 300 and 500 hours of being in the salt chamber are presented in Figures 8-10.



Rys. 8. Widok łączników po 300 h ekspozycji w komorze solnej – bez mycia

Fig. 8. View of links after 300 hours of exposure in a salt chamber – without washing; 1 – without vibro-abrasive machining, 2 – after vibro-abrasive machining



Rys. 9. Widok łączników po 500 h ekspozycji w obojętnej mgłę solnej – bez umycia

Fig. 9. View of links after 500 hours of exposure in a salt chamber – without washing; 1 – without vibro-abrasive machining, 2 – after vibro-abrasive machining



Rys. 10. Widok łączników po 500 h ekspozycji w obojętnej mgłę solnej – po umyciu

Fig. 10. View of links after 500 hours of exposure in a salt chamber – after washing; 1 – without vibro-abrasive machining, 2 – after vibro-abrasive machining

4. Dyskusja wyników i wnioski

Obróbka wibrościerna zastosowana dla wyrobów ocynkowanych ogniowo poprawiła walory estetyczne powłoki cynkowej. Ostre miejsca oraz zadziory cynku zostały usunięte. Powierzchnia została wygładzona oraz wyblyszczona.

Obróbka wibrościerna z zastosowaniem kształtek ceramicznych powoduje utwardzenie obrabianego podłoża. Wartość średnia pomiaru twardości wynosiła dla łączników bez obróbki 66 HV 0,025, natomiast dla wyrobów po wykańczeniu wibrościernym o ok. 20% wyższa.

Grubość powłoki w przypadku obu łączników jest porównywalna i wynosi ok. 100 μm . Mikrostruktura powłok cynkowych utworzonych na podłożu po śrutowaniu i odwirowanych po cynkowaniu jest typowa dla gat. 41Cr4 [12,13]. Na przekroju powłoki cynkowej widoczne są zasadniczo dwie fazy Fe-Zn: δ i ζ [5,6,12,13]. Długie kryształy fazy ζ dominują w przekroju powłoki. W górnej części przechodzą w mniejsze wydzielenia. Faza czystego cynku η jest bardzo cienka i jest identyfikowana pomiędzy kryształami fazy ζ [12,13]. Mikrostruktura powłok dla łączników z grupy 1 i 2 jest porównywalna. Jednak dla łączników z grupy 2 można zaobserwować wtrącenia oraz ubytki, co wymaga dokładnej identyfikacji i sprawdzenia w przyszłych badaniach.

Test NSS zastosowano w celach porównawczych. Po 100 h ekspozycji stwierdzono na obu stronach detali pojedyncze obszary z nalotami białej korozji. Po 300 h zaobserwowano rozszerzoną bia-

4. Results discussion and conclusion

The vibro-abrasive machining used for hot-dip galvanized products improved the aesthetic qualities of the zinc coating. Sharp places and zinc burrs were removed. The surface was smoothed and polished.

The vibro-abrasive machining with the use of porcelain polishing fittings causes hardening of the substrate. The mean value of the hardness measurement was 66 HV 0.025 for the links without machining, while for products after vibro-abrasive machining, about 20% higher.

The thickness of the zinc coating for both samples was comparable and amounted to approx. 100 μm . The microstructure of zinc coatings formed on the substrate after shotblasting and centrifuged after alvanizing is typical for 41Cr4 grade [12,13]. On the cross section of the zinc coating essentially two Fe-Zn phases are visible: δ and ζ -phase [5,6,12,13]. Long crystals of ζ -phase dominate in the cross-section of the coating. In the upper part they they are changed to the smaller separation. The pure zinc η -phase is very thin and identified between separation of crystals ζ -phase [12,13]. The microstructure of zinc coatings for the links of Groups 1 and 2 is comparable. However, for Group 2, inclusions and cavities are observed, which requires accurate identification and verification in future tests.

The NSS test was used for comparison purposes. After 100 hours of exposure, single areas with white corrosion deposits were found

łą korozję. Po 500 h na obu detalach rozszerzoną białą korozję oraz pojedyncze naloty czerwonej korozji. Należy pamiętać, że testy w rozpylaniu solnym nie mogą być stosowane do dokładnego badania stali ocynkowanej, ponieważ przyspieszają one mechanizm nieprawidłowego działania. Bez prawidłowego cyklu mokrego/suchego, powłoka cynkowa nie może tworzyć warstw patyny. Brak warstwy patyny pozwala na ciągły atak cynku i daje bardzo niskie przewidywanie czasu życia powłoki cynkowej.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że zastosowanie dodatkowej obróbki wibrościerniej po cynkowaniu poprawia cechy estetyczne wyrobów oraz znacząco nie wpływa na obniżenie odporności korozyjnej powłok cynkowych. Po 500 h w komorze solnej na próbce po dodatkowej obróbce obszary z korozją czerwona są nieznacznie większe niż na próbce bez obróbki.

on both sides of the exhibition. After 300 h, enhanced white corrosion was found. After 500 h, expanded white corrosion and single red corrosion coatings were found on both details.

Should be noted that salt spray tests cannot be used to accurately test zinc-coated steel because they accelerate the wrong failure mechanism [7]. Without a proper wet/dry cycle, the zinc coating cannot form patina layers. The absence of a patina layer allows constant attack of the zinc metal and gives a very low prediction of the zinc coating lifetime.

On the basis of the conducted tests, it was found that the use of additional vibro-abrasive treatment after galvanizing improves aesthetic features of the products and does not significantly reduce the corrosion resistance of zinc coatings. After 500 hours in a salt chamber on the sample after additional treatment, the areas with red corrosion are slightly higher than on the sample without treatment.

BIBLIOGRAPHY

- [1] Bańkowski Damian, Krajcarz Daniel, Młynarczyk Piotr. 2017. „Deburring and smoothing the edges using vibro-abrasive machining”. *Procedia Engineering* 192 : 28 – 33.
- [2] Bańkowski Damian, Spadło Sławomir. 2017. „The Application of Vibro – Abrasive Machining for Smoothing of Castings”. *Archives of Foundry Engineering* 1 : 169-173.
- [3] Brzezinski Marek R. 2014. „Mechaniczne metody przygotowania powierzchni pod powłoki galwaniczne”. *Biuletyn galwanotechnika* 27 (42) : 13-16.
- [4] Filipowski Ryszard, Marciniak Mieczysław. 2000. *Techniki obróbki mechanicznej i erozyjnej*. Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
- [5] Kopyciński Dariusz, Guzik Edward. 2011. „Oddziaływanie składu chemicznego podłoża wyrobów ze stopu Fe-C na powłokę cynkową”. *Ochrona przed Korozją* 54 (3) : 82-87.
- [6] Liberski Piotr, Kania Henryk, Podolski Paweł, Mendala Jacek, Talarek Adam. 2006. „Rola warstwy zewnętrznej powłoki cynkowej w ochronie stopów żelaza przed korozją”. *Ochrona przed Korozją* 49 (4) : 132-136.
- [7] PN-EN ISO 1463 Powłoki metalowe i tlenkowe – Pomiar grubości powłoki – Metoda mikroskopowa
- [8] PN-EN ISO 1461 Powłoki cynkowe nanoszone na wyroby stalowe i żeliwne metodą zanurzeniową – Wymagania i metody badań.
- [9] PN-EN ISO 14713-1 Powłoki cynkowe – Wytyczne i zalecenia dotyczące ochrony przed korozją konstrukcji z żeliwa i stali – Część 1: Zasady ogólne dotyczące projektowania i odporności korozyjnej.
- [10] PN-EN ISO 6507-1 Metale - Pomiar twardości sposobem Vickersa -- Część 1: Metoda badań
- [11] PN-EN ISO 9227 Badania korozyjne w sztucznych atmosferach - Badania w rozpylonej solance
- [12] Schultz Wolf-Dieter, Thiele Marc. 2012. „Cynkowanie ogniowe jednostkowe. Materiał- Technologia- Powstawanie powłoki- Właściwości- Błędy”. Bad Saulgau: Eugen G. Leuze Verlag KG.
- [13] Węgrzynkiewicz Sylwia, Waś-Solipiwo Joanna, Piecha Inga, Maślanka Marek, Hajduga Maciej. 2016. “The Influence of Surface Preparation of Steel 41Cr4 on the Nature and Corrosion Resistance of the Hot-dip Zinc Coating”. *Metal 2016: 25rd International Conference on Metallurgy and Materials: conference proceedings, Brno, Česká Republika. 25-27.5.2016*
- [14] Woźniak Kazimierz, Wincenciak Mariusz. 2014. „Przygotowanie powierzchni detali pod powłoki malarskie metodą obróbki pojemnikowej”. *Lakiernictwo Przemysłowe* 2 (94) : 26-31.



We protect and
beautify the world™

**Innowacyjne
rozwiązania
techniczne**



ul. Łużycka 8A
81-537 Gdynia
tel. 58 774 99 00
fax 58 774 99 01
customers@ppg.com