

# Optimalizacja przepustowości oraz czasu taktu podczas badania defektoskopowego, metodą magnetyczno- proszkową.

Wolfgang Weber, Wolfram A. Karl Deutsch, Frank Bartholomai

KARL DEUTSCH Prüf-und Messgerätebau GmbH & Co. KG, Postfach 13 23 54, D-42050 Wuppertal

Tel: ( +49-202 ) 7192-0, Fax: ( +49-202 ) 714-932, [info@KarlDeutsch.de](mailto:info@KarlDeutsch.de), [www.KarlDeutsch.de](http://www.KarlDeutsch.de)

## 1 Wprowadzenie

Jednym z zadań w koncepcji urządzeń do wykrywania pęknięć metodą magnetyczno – proszkową jest poddanie badaniom nieniszczącym możliwie do 100%. ilości podobnych elementów konstrukcji pojazdów samochodowych przy skrajnym nacisku cenowym. Presja na koszty odbija się przez to nie tylko na mechanikę kontrolną, ale również na wymaganą długość taktu przypadającą na jedno badanie.

Podczas badań nieniszczących, badanie defektoskopowe posiada szczególne znaczenie. Przy masowym badaniu elementów o prostej geometrii, np. prętów sworzni oraz rur, preferuje się badanie ultradźwiękowe lub badanie techniką prądu wirowego. W badaniu defektoskopowym - przy użyciu proszku magnetycznego, chodzi o metodę służącą wynajdywaniu pęknięć/ rys powierzchniowych. Dlatego konkuruje ona szczególnie z badaniem metodą prądu wirowego oraz badaniem penetracyjnym. W przypadku elementów z materiału ferromagnetycznego nie ma jednak żadnej tak czułej metody badań, jak badanie defektoskopowe przy zastosowaniu proszku magnetycznego. Znajduje ono korzystne zastosowanie w przypadku elementów o skomplikowanej formie i powierzchni kutej lub odlanej.

W niniejszym artykule przedstawione zostaną nowe rozwiązania koncepcji tej metody badawczej; na podstawie przykładów z praktyki przedstawione zostaną techniki badań oraz systemy transportu, za pomocą których da się zminimalizować długość taktu w badaniach defektoskopowych –metodą proszku magnetycznego.

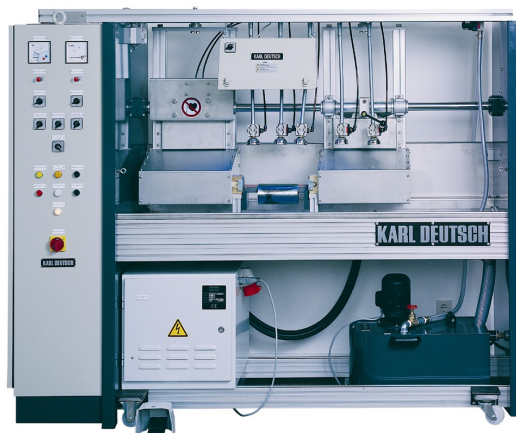
Aktualny stan techniki pozwala na wykrycie pęknięć /rys dowolnej orientacji w czasie jednego taktu kontrolnego. Korzyści czasowe pomiędzy tzw. badaniem kombinowanym ( przy zastosowaniu przesuniętych fazowo prądów zmiennych) w przeciwieństwie do badania defektoskopowego, gdzie każdy kierunek pęknięć badany jest kolejno - jeden po drugim ( przy zastosowaniu prądu stałego) nie będą w tym artykule szczególnie rozpatrywane. Należy jednak zaznaczyć, że wiele specyfikacji – szczególnie z obszaru Stanów Zjednoczonych, bazuje jeszcze na prądzie stałym i nie korzysta z zalet badań kombinowanych. Badanie kombinowane bazuje na uzyskaniu dwóch, przesuniętych względem siebie pól magnetycznych. W badanej części uzyskuje się wirujący wektor pola magnetycznego przy częstotliwości sieciowej -50Hz, tzn. na wszystkich pęknięciach /rysach dowolnie zorientowanych zostaną wytworzone strumienie rozproszenia wymagane do uzyskania wskazania. Cząstki proszku magnetycznego zostaną przyciągnięte przez te strumienie rozproszenia. Pozostają one na pęknięciach ze względu na swoją bezwładność, także podczas biegu wektora pola magnetycznego we wszystkich innych kierunkach.

Dalsza korzyść badania przy zastosowaniu prądu zmiennego polega na równomierności uzyskanych pól magnetycznych, szczególnie kiedy chodzi o elementy o dużych przekrojach. Poprzez tzw. „skin-efekt” – tzn. zjawisko naskórkowe, pole magnetyczne pozostaje na powierzchni oraz zachowuje się proporcjonalnie do pola powierzchni a nie proporcjonalnie do pola przekroju, jak w przypadku prądu stałego. Ponieważ pole magnetyczne pozostaje tylko na powierzchni, rozmagnesowanie odbywa się także łatwiej, ponieważ może być dokonywane z częstotliwością sieciową. Elementy bez pozostałości magnetycznej okazują się w późniejszej obróbce wiórowej bardzo korzystne, ponieważ narzędzia do obróbki są bardziej chronione, gdy na częściach nie pozostają żadne opiłki.

Zasadniczy przebieg pracy przy magnetycznej kontroli pęknięć/ rys można podzielić na kilka biegów roboczych: procesy transportu, proces kontrolny - podczas którego uzyskuje się obrazy wad oraz na koniec proces obserwacji, kiedy wynajduje się i poddaje ocenie wskazane pęknięcia.

## 2 Automatyzacja taktu kontrolnego.

W przypadku maszyn o stosunkowo niskim stopniu automatyzacji, badana część będzie złożona przez obsługującego w urządzeniu a następnie poprzez krótkie uruchomienie włącznika, wywołany zostanie proces kontrolny. **rysunek 1** pokazuje standardowe urządzenie z dwoma stykami. Wprowadzenie obu przesuniętych fazowo pól magnetycznych następuje poprzez kombinację jarzma magnetycznego oraz styku prądowego, po obu stronach maszyny. Jarzma są z reguły wykonane z cienkich blach, aby uniknąć nagrzewania poprzez prądy wirujące oraz zapewnić możliwie niewielkie starty, czyli uzyskać możliwie wysokie siły pól magnetycznych. Proces kontroli przebiega automatycznie według stałego schematu czasowego (taktu). Najpierw następuje pneumatyczny zacisk badanej części ( ok. 0,5 sekundy), magnesowanie oraz polewanie fluorescencyjnym środkiem kontrolnym (ok. 4 sekundy), oraz dalsze magnesowanie przez ok. 1,5 sekundy, rozmagnesowanie (ok. 1,5 sekundy) oraz rozprężenie badanego elementu (ok. 0,5 sekundy ). Po tym, badana część zostaje wyjęta a następnie oglądana pod lampą ultrafioletową. Elementy bez wady będą ostatecznie odkładane przez kontrolera np. do pojemnika, złe części będą wykluczone. W tym wypadku automatyczny będzie jedynie przebieg badania. Włączając rozmagnesowanie, proces kontroli trwa ok. 8 sekund. Do tego dochodzi czas włożenia i wyjęcia elementu oraz obserwacja. Wysoka zdolność przepustowa przy takim przebiegu pracy nie jest łatwo osiągalna. Elementy o skomplikowanej geometrii, np. zwrotnice, musiały by zostać poddane pełnej kontroli całkowitej powierzchni w urządzeniu o dwóch kontaktach, w wielu, następujących kolejno po sobie zamocowaniach - metoda wymagająca szczególnie dużo czasu.



**Rysunek 1.** Standardowe urządzenia kontrolne o dwóch kontaktach do badań kombinowanych na pęknięcia dowolnie zorientowane. Czasy magnesowania, płukania oraz końcowego magnesowania mogą zostać dowolnie zaprogramowane. Przepływ prądu oraz pola magnetycznego znajduje się pod stałą kontrolą.

## 3 Możliwości oraz wielkość czynników.

Możliwość dalszej automatyzacji a wraz z nią skrócenie długości taktu zależą od zbioru wielkości czynników, np. od ciężaru, wielkości oraz geometrii elementu. Także wymagany zakres badania, włączenie innych technik badań, liczba kontrolerów do dyspozycji a także powierzchnia udostępniona do ustawienia urządzenia określają warunki, które w niektórych przypadkach umożliwiają lub wykluczają koncepcje automatyzacji.

Zasadniczo, wzrost przepustowości nie powinien naturalnie odbywać się kosztem pewności kontroli. Odpowiednio do geometrii danego elementu, proces obserwacji może mieć różny czas. Obserwacja nie powinna z tego względu następować bezpośrednio po takcie kontrolnym. Przy odtransportowaniu elementów po magnesowaniu lub w stacji obserwacyjnej pomocnym może okazać się bufor.

Jako korzystne w obserwacji okazało się na przykład zastosowanie wolno obracających się, okrągłych stołów, przy którym pracował jeden lub kilku kontrolerów. Kontrolerzy mogą w ten sposób poświęcić danej części wymaganą ilość czasu.

W zasadzie, ograniczenie długości taktu na jeden element może być uzyskane w następujące sposoby:

1. Specjalne koncepcje badań, np. maszyny z więcej niż dwoma obwodami magnesującymi, kontrola z taktom ciągłym, ( tzn. czas pomiędzy dwoma taktami kontrolnymi będzie podawany przez maszynę) lub rozmagnesowanie poza maszyną po obserwacji, równoległe do taktu maszyny.
2. Urządzenia do załadunku i rozładunku elementów w maszynie.
3. Maszyny specjalne, które konstruowane są specjalnie dla elementu poddawanego kontroli. Przepustowość może być często zwiększona poprzez zwiększenie ilości badanych elementów w danym taktie.
4. Zautomatyzowana obserwacja i ocena.
5. Kombinacje wymienionych możliwości

Powyższe warianty zostaną przedstawione i przedyskutowane na podstawie przykładów oraz praktyki.

#### 4 Zewnętrzne rozmagnesowanie i kontrola wizualna.

Czas rozmagnesowania bezpośrednio po procesie kontroli wewnątrz maszyny wynosi ok. 1,5 sekundy. W przypadku taktu kontrolnego o zwykłym czasie trwania ( 8 sekund ), odpada w ten sposób ok. 19% nakładu czasowego przypadającego na rozmagnesowanie. Jeśli rozmagnesowanie odbywać się będzie poza maszyną, długość taktu da się odpowiednio skrócić, ponieważ podczas zewnętrznego rozmagnesowania, następny element może już być poddawany kontroli w maszynie.

Podczas zewnętrznego rozmagnesowania, element będzie najczęściej prowadzony przez cewkę. Odbywa się to np. kiedy elementy ułożone na taśmie transportowej prowadzone są przez cewkę, lub kiedy elementy zsuwają się przez skośnie ustawioną cewkę ( **rysunek 2** ). Przy częściach dużych, ciężkich lub nieforemnych, maszyna jest zładowywana i rozładowywana przy użyciu podnośnika lub dźwigu. W takim wypadku, ze względu na oszczędność czasu należy wybrać rozmagnesowanie przebiegające w maszynie.



**Rysunek 2.** Przy zastosowaniu cewki do zewnętrznego rozmagnesowania skrócony zostanie czas pozostawiania elementu w maszynie - a tym samym długość taktu. Do transportu kontrolowanych elementów przez cewkę zastosowany będzie a) przenośnik taśmowy lub b) pochylnia.

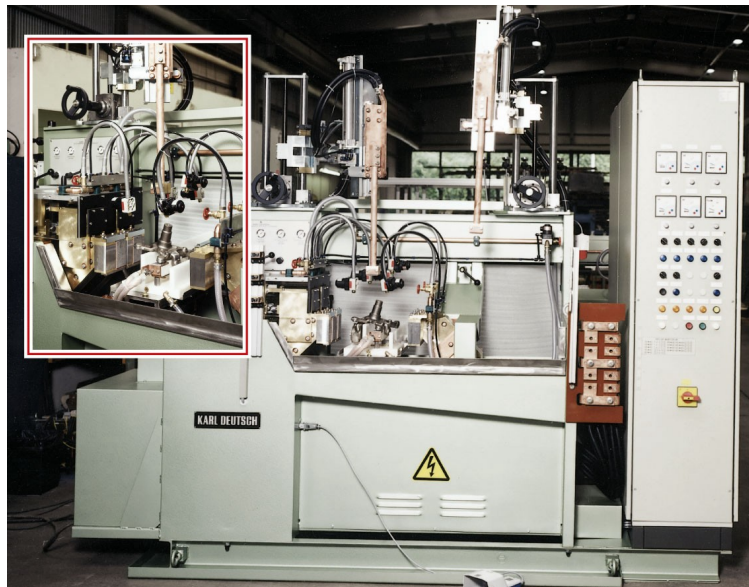
#### 5 Kontaktowanie wielokrotne.

W przypadku, kiedy kontroli pod kątem pęknięć różnego typu na całej powierzchni mają zostać poddane elementy o skomplikowanej geometrii, np. zwrotnice, jest to, przy zastosowaniu maszyny o dwóch stykach, stosunkowo czasochłonna procedura. Pełne badanie wymaga wielostopniowej kontroli, przy czym obserwacja i ocena musi przebiegać oddzielnie po każdym etapie badania. To z kolei, oznaczałoby znaczną stratę czasu. Rozpoznanie pęknięć byłoby dodatkowo z kroku na krok, ze względu na zwiększający się podkład fluorescencyjny ( zmniejszający się kontrast ) coraz gorsze.

Aby także na takich elementach seryjnych było możliwe przeprowadzenie badania defektoskopowego przy niewielkim nakładzie czasu przy zastosowaniu proszku magnetycznego, używane są maszyny wielostykowe. ( **rysunek 3** )

Mającą zostać poddana kontroli zwrotnica leży na uchwycie elementu. Do wzbudzenia wielu prądów oraz przepływu pola są do dyspozycji trzy fazy sieci prądu trójfazowego. Przez trzy styki poziome będą doprowadzone do zwrotnicy pojedynczo nastawialne prądy oraz przepływ pola. Dodatkowo, poprzez dwa doprowadzone styki pionowe, przez badany element będą przepuszczone prądy w dwóch innych miejscach. Wszystkie obwody elektryczne mogą być pojedynczo nastawione i automatycznie nadzorowane. Gdyby w jednym z obwodów doszło do zakłóceń, zostanie to zasygnalizowane kontrolerowi przez maszynę. Dzięki urządzeniu zaciskowemu obwody prądu trzpienia pionowego, mogą być dowolnie włączane i w ten sposób dopasowywane do różnej geometrii elementów.

Za pomocą takiej maszyny wielostykowej można poddać ekonomicznym badaniom na całej powierzchni, pod kątem pęknięć wszystkich kierunków, elementy o skomplikowanej geometrii takie jak np. zwrotnica czy wahacz poprzeczny – i to podczas jednego jedynego procesu kontrolnego. Rozmieszczenie styków, względnie wymagana moc prądów oraz pól są ustalane każdorazowo odpowiednio do elementu. Każdy za styków będzie pneumatycznie przesunięty aż do 100 mm, do momentu kiedy element zostanie solidnie zamocowany. Aby zapobiec wypadnięciu elementu podczas procesu mocowania, docisk oraz czasy dojazdu mogą być oddzielnie nastawiane dla każdego z pięciu styków.



**Rysunek 3.** Maszyna wielostykowa służy do kontroli części o skomplikowanej geometrii podczas jednego taktu kontrolnego. W tym przypadku kontroli pod kątem pęknięć wszelkiego rodzaju, poddawana jest zwrotnica z trzema stykami poziomymi (dwa z lewej strony, jeden z prawej) oraz jednym stykiem pionowym ( z góry ). Drugi styk pionowy będzie zastosowany tylko w przypadku innego elementu.

Maszyna tego typu, poprzez dezaktywację wielu styków, może być ponownie stosowana jako maszyna standardowa o dwóch stykach, posiada zatem uniwersalne zastosowanie.

## 6 Transport badanego elementu oraz użycie wyrzutnika.

Bardzo prostą ale jednocześnie bardzo skuteczną metodą zmniejszenia długości taktu jest zastosowanie wyrzutnika badanych elementów. Przykład pokazuje maszynę trzystykową z wyrzutnikiem badanych elementów, dostosowaną do wahacza poprzecznego.(**rysunek 4**)

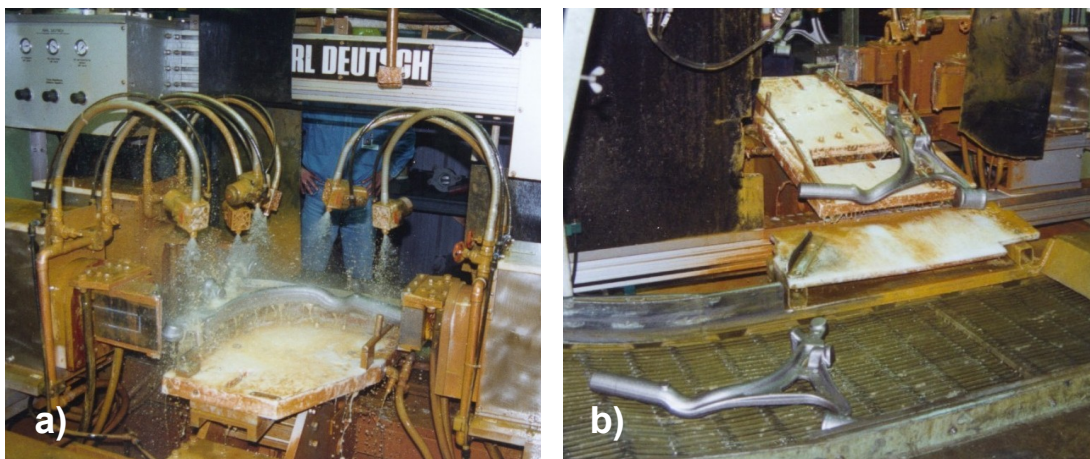
Każdy ze styków posiada maksymalny skok mocowania o wartości 100 mm. Badanie odbywa się w jednym kroku kontrolnym jak wspomniano już w ustępie 5. Kontroler osadza wahacz poprzeczny w urządzeniu do mocowania elementu a następnie aktywuje proces kontroli za pomocą przycisku nożnego. Po zakończeniu procesu badania oraz rozprężeniu elementu, wyrzutnik badanego elementu

odchyła się pneumatycznie do tyłu. Wahacz poprzeczny zsuwa się z tyłu maszyny, względnie na stół obserwacyjny. Jako alternatywa może być zastosowany przenośnik taśmowy, który transportowałby elementy do zaciemnionej stacji obserwacyjnej. Po ocenie następuje rozmagnesowanie przy użyciu cewki rozmagnesowującej. Do badania tego rodzaju, potrzebne będą co najmniej dwie osoby do obsługi: jeden kontroler do obsługi – załadunku maszyny i jeden do dwóch kontrolerów do obserwacji.

Przechylenie wyrzutnika oraz powrót do pozycji umożliwiającej ponowne załadowanie maszyny jest zintegrowane z załączaniem taktowym maszyny kontrolnej.

Wyrzutnik badanych elementów składa się z przechylanej pneumatycznie płyty głównej oraz uchwyty specyficznego dla danego elementu. Gdyby maszyna miała posłużyć do badania innego elementu, na płycie głównej montuje się inny uchwyt części. Krótki czas przebudowy gwarantują dwa zamki szybkozamykające. W ten sposób niniejsza metoda oferuje ponadto ekonomiczną możliwość przebadania dużej różnorodności części przy zastosowaniu tej samej maszyny. Często, w przypadku urządzeń o elementach poruszanych automatycznie wymagana jest ze względów bezpieczeństwa obsługa dwuręczna. Przez wzgląd na ergonomię, aby mieć wolne ręce, można zabezpieczyć taką maszynę przed dotykaniem zaporą świetlną. Takt kontrolny będzie wyzwolony za pomocą przycisku nożnego.

Oczywiście, wyrzutnik elementów kontrolowanych może być ponownie załadowany dopiero po powrocie z przechyłu do swojej pozycji wyjściowej. Tym samym, osadzanie elementu w maszynie następuje w powiązaniu z taktom i nie może odbywać się równocześnie podczas przebiegu procesu kontroli. W ten sposób kontroler jest na stałe przywiązany do maszyny. Polewanie, magnesowanie oraz rozładowanie przebiega jednak automatycznie, bez udziału obsługującego. W tym czasie może on poddawać następnemu elementowi badaniu, np. kontroli wzrokowej lub kontroli struktury przy zastosowaniu prądu wirowego. Zmniejsza to długość taktu przy sumie wszystkich badań.



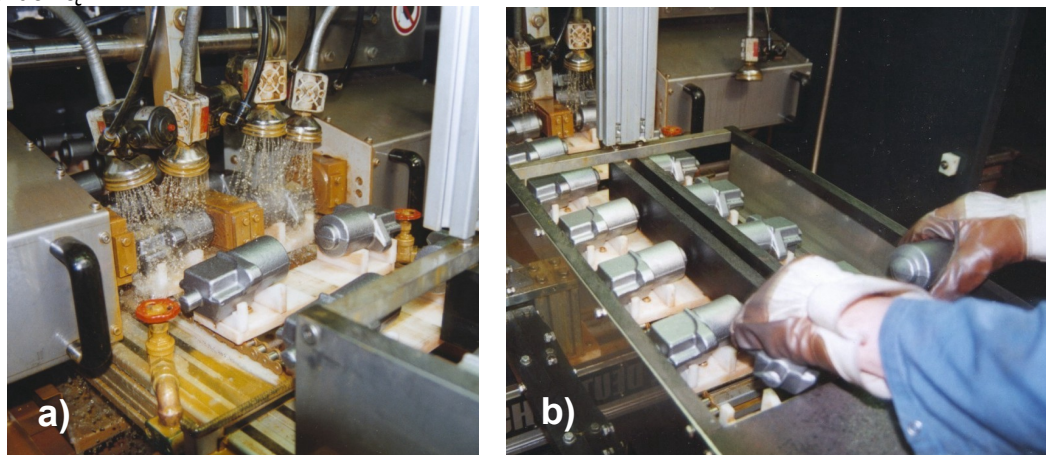
**Rysunek 4a.** Kontrola wahacza poprzecznego w maszynie badawczej o trzech stykach poziomych oraz wyrzutnikiem badanych elementów. Czwarty, pionowy styk ( z góry ) w przypadku tego elementu nie jest aktywny. Wyrzutnik badanych elementów to płyta główna, która po badaniu przechyla się pneumatycznie do tyłu. **b)** badana część zsuwa się po prowadnicy na przenośnik taśmowy, na tyle maszyny.

Maszyny z wyrzutnikiem automatycznym mają w przypadku skomplikowanych elementów takich jak np. wahacz poprzeczny, zwrotnica lub tłoki przepustowość także ok., osiem sekund na element

Wyrzutnik badanych elementów może być w każdej chwili kompletnie zdemontowany. Obsługujący może przez przełączenie zmienić sterowanie elektryczne na sterowanie maszyny standardowej. Poprzez wyłączenie trzeciego, bocznego styku, maszyna została znowu kompletnie zredukowana do standardowego warsztatu kontrolnego.

## 7 Transport badanych elementów przy zastosowaniu przenośnika łańcuchowego

Przenośnik łańcuchowy umożliwia załadunek elementów do maszyny kontrolującej w sposób związany z taktom. **Rysunek 5** pokazuje przenośnik łańcuchowy, który wbudowany jest w maszynę standardową.



**Rysunek 5.** Maszyna kontrolująca z przenośnikiem łańcuchowym do badania obudowy dwóch pomp podczas jednego taktu kontrolnego a) zasilenie do dwóch kontrolowanych elementów będzie zrealizowane przy użyciu dodatkowego, środkowego styku .b) przed lub za stacją magnetyzacji znajduje się do dyspozycji wiele uchwytów elementów, które umożliwiają, niezależny od taktów załadunek i rozładunek maszyny.

Kontroli pod kątem pęknięć na całkowitej powierzchni oraz dowolnym kierunku, będą tutaj poddawane obudowy pompy wtryskowej. Geometria elementu umożliwia kontrolę jednocześnie dwóch elementów w jednym procesie kontrolnym. Oba styki zewnętrzne ulegają podczas procesu mocowania przesunięciu do 100 mm. Przez to obie, ustawione w rzędzie obudowy zostaną każdorazowo dociśnięte do styku zewnętrznego. W taki sposób zapewniony jest niezakłócony przepływ prądu oraz przepływ pola od pierwszej obudowy - poprzez styk środkowy - do obudowy drugiej.

Ponieważ kontrolowane są dwie części na proces kontrolny, w ten sposób długość taktu przypadająca na daną część dzieli się na pół. Zostało także zaobserwowane, że w zależności od geometrii elementu (długość), możliwe jest poddanie kontroli trzech elementów ustawionych w rzędzie w trakcie jednego procesu kontrolnego. W takim układzie stosuje się między elementami styki ruchome.

W celu dalszego zwiększenia przepustowości, maszyna może być przestawiona na takt ciągły, tak aby pod warunkiem przestrzegania przepisów bezpieczeństwa, mogła ona pracować bez zakłóceń. W ten sposób nie wystąpią żadne nadmierne czasy przestoju podczas pracy maszyny. Czasy podane w nastawie maszyny ustalają stałą przepustowość. Po odblokowaniu elementu, automatycznie następny uchwyt z dwoma obudowami pomp, kierowany jest do strefy magnesowania. Elementy już skontrolowane zsuwają się z uchwytu elementu na stół obserwacyjny lub transporter taśmowy. Rozmagnesowanie odbywa się po obserwacji przy użyciu zewnętrznej cewki.

Przenośnik łańcuchowy składa się z dużej ilości uchwytów do zamocowania elementów, które mogą zostać załadowane w powiązaniu z taktom przez kontrolera. Kiedy uchwytów są wypełnione, kontroler może przez krótki czas wypełniać inne zadania aż do chwili kiedy uchwytów znów są puste. W porównaniu do zastosowania wyrzutnika badanych elementów otrzymujemy tutaj skrócenie czasu ok. 2 sekundy na takt. Dodatkowo kontroler ma -choćby krótką chwilę, w której może oddalić się od maszyny. W normalnym przypadku maszyna załadowywana jest przez kontrolera. Jeden lub dwóch kontrolerów znajduje się w zaciemnionej kabinie i poddaje obserwacji oznaki pęknięć na elementach. Długość taktu maszyny z przenośnikiem łańcuchowym jest nastawiona na 6 sekund na element. Pod kątem maszyny mogłaby ona wynosić ok. 4 sekundy na element. Jednakże zagwarantowane musi być wystarczające nawilżenie środkiem kontrolnym. Dlatego nie zawsze możliwe jest wykorzystanie szybszego, rzeczywistego taktu maszyny.

Przenośnik łańcuchowy może zostać wyposażony także w przypadku elementów o innych kształtach w inne uchwyty. Ze względu na modułową budowę maszyny może on zostać także całkowicie od niej oddzielony. Wtedy znów mamy do czynienia z maszyną standardową.

Z reguły, z powodu kosztów, ogranicza się długość przenośnika łańcuchowego. Z tego względu, można umieścić w uchwytach stosunkowo mało elementów nie powiązanych z taktem. Istnieje jednak możliwość załączenia do przenośnika łańcuchowego magazynu ze stacją załadowniczą. W magazynie znajduje się większa ilość wstępnie posortowanych elementów. Przy pomocy stacji załadowniczej, uchwyty przenośnika łańcuchowego są ładowane automatycznie. Personel obsługujący, po zapełnieniu magazynu ma do dyspozycji czas wolny na inne zadania.

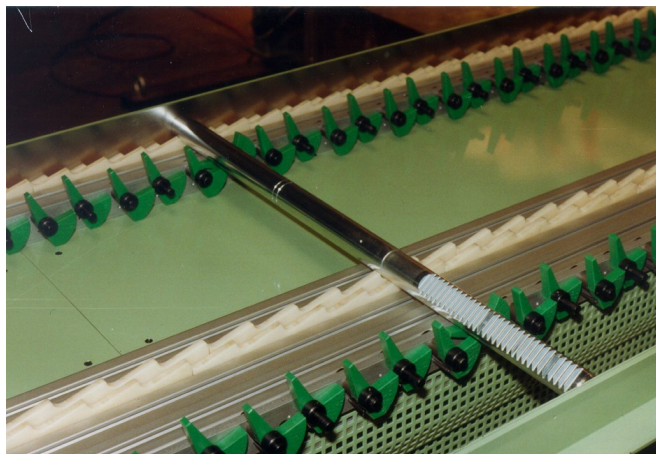
## 8. Sprzężenie z linią produkcyjną

Wykonawcy elementów o dużej różnorodności, np. wyrobów kutych nie posiadają z reguły w swojej linii produkcyjnej transporterów taśmowych z mocowaniami do elementów. Elementy do kontroli będą dostarczane do maszyny badającej pęknięcia np. w drucianych pojemnikach. Załadowanie maszyny odbywa się najczęściej ręcznie.

W przypadku linii produkcyjnych, w których przez lata wykonywane są takie same elementy, transport elementów do kontroli odbywa się w sposób zautomatyzowany oraz dostosowany do elementów. Jako możliwość transportu elementów, przedstawione zostały już wyrzutnik elementów kontrolowanych oraz przenośnik łańcuchowy. Stacja przekaźnikowa tworzy często złącze standardowe pomiędzy systemem transportu oraz maszyną kontrolującą i pod kątem wykonania, może być bardzo zróżnicowana. Stacja przekaźnikowa może być przykładowo wykonana jako system składający się ze stopera oraz dozownika. Możliwym, lecz droższym rozwiązaniem jest także robot.

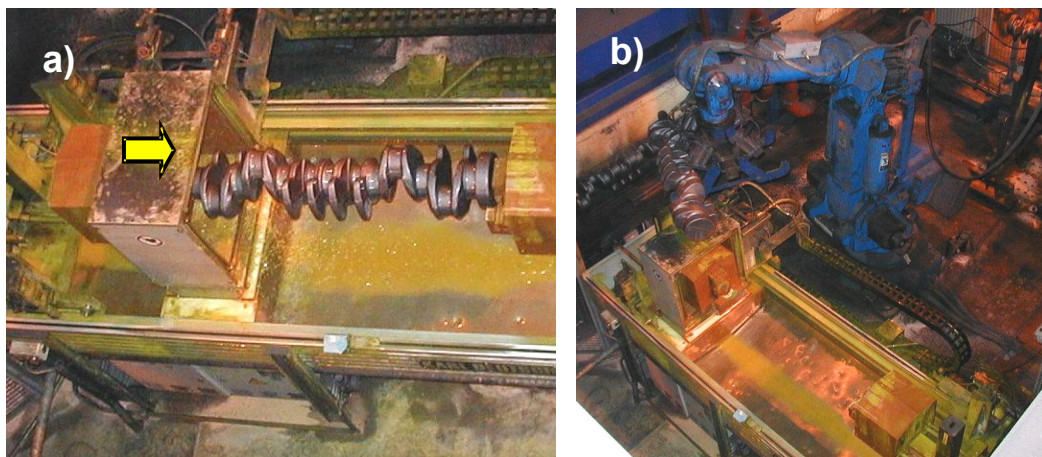
Gdy maszyna do kontroli pęknięć jest sprzężona z linią produkcyjną, takt transportowy i takt kontrolny muszą być do siebie dopasowane. Aby umożliwić ocenę odpowiadającą taktowi, należy mieć do dyspozycji wystarczającą liczbę kontrolerów. Mechanika do sortowania dobrych i złych elementów powinna także być wystarczająco szybka. Ponieważ badanie odbywa się z reguły w takcie ciągłym, osoba obsługująca musi mieć możliwość przerywania taktu. Przy przerwie tego rodzaju, rozpoczęty takt będzie jeszcze z reguły poprawnie zakończony. Kiedy takty włączonej maszyny nie mogą zostać natychmiast przerwane, należy przed maszyną badającą pęknięcia przewidzieć bufor.

Zastosowanie bufora może być korzystne także z innych względów. Przykładem niech będzie wykonanie osi zębatych, gdzie elementy opuszczają włączoną polerkę bez taktu. Aby wyposażać w osie przenośnik łańcuchowy w powiązaniu z taktom, włączony jest bufor ( **Rysunek 6** ). Chwytnak – jako stacja przekaźnikowa łączy bufor z przenośnikiem łańcuchowym maszyny kontrolującej pęknięcia.



**Rysunek 6.** Stacja buforowa umożliwia wyrównanie czasowe pomiędzy maszynami produkcyjnymi oraz taktom maszyny kontrolującej. Rysunek przedstawia przykład na osi zębatych.

Szczególnie kosztownym przykładem systemu transportowego przed i po badaniu pęknięć przy użyciu proszku magnetycznego pokazuje **Rysunek 7**. Badanymi elementami są wały korbowe o długości 1,8 m i ciężarze 45 kg. Ze względu na dużą długość elementu, realizowane będzie równomierne magnesowanie wzdłużne przy użyciu cewki przelotowej.



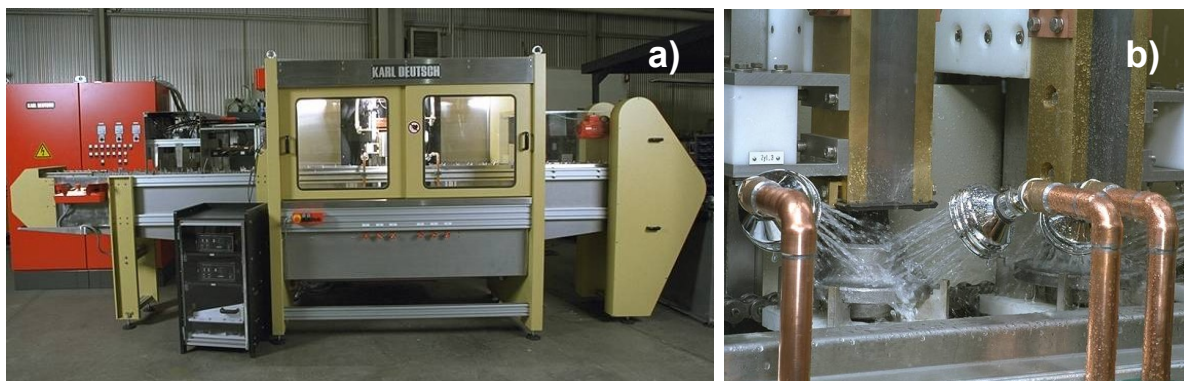
**Rysunek 7 a)** Kontrola wałów korbowych odbywająca się w maszynie z cewką przelotową (patrz strzałka). **a)** Załadunek i rozładunek przy użyciu robota minimalizuje długość taktu w przypadku dużych elementów.

Na transporterze taśmowym z uchwytami do elementów, wały korbowe są dostarczane w dokładnej pozycji. Pierwszy robot odbiera wały korbowe z transportera taśmowego i wkłada je do maszyny kontrolującej pęknięcia. Płukanie podczas magnesowania odbywa się poprzez pierścieniowy system rozpylający, który doprowadzony jest do cewki. Szybkość cewki można nastawiać i wynosi ok. 0,1 m/sekundę, w celu zagwarantowania dobrego polania. Po magnesowaniu następuje rozmagnesowanie, bezpośrednio w maszynie. Na koniec wały korbowe odbierane są przez drugi robot i kładzione na stole obrotowym. Po odwrotnej stronie stołu obrotowego przeprowadzona będzie manualna obserwacja wału korbowego przy oświetleniu UV i ewentualnie prowadzone są prace wykończeniowe. Uzyskana w ten sposób długość taktu będzie w dużej mierze ustalana przez osobę obserwującą i wynosi ok. 40 sekund. Taka długość taktu przy tak dużych elementach nie byłaby możliwa do uzyskania bez zastosowania robotów.

## 9. Maszyny specjalne

W dotychczas podanych przykładach opisane zostały maszyny standardowe skonstruowane modułowo. Poprzez dodatkowe urządzenia transportowe, długość taktu podczas kontroli części seryjnych została znacznie zredukowana. Najczęściej, późniejsza przebudowa maszyny standardowej możliwa jest dla podobnych elementów, które nie należą jeszcze do spektrum części w chwili zakupu urządzenia do przeprowadzania kontroli. Czasem jednak, użytkownik urządzenia poszukuje takiego rozwiązania problemu kontroli, który dopasowany jest do wyrobu.

Na **rysunku 8** przedstawiona jest maszyna specjalna do badań pęknięć na piastach kół o średnicy zewnętrznej od 80 do 160 mm. Podczas jednego taktu kontroli poddawane są dwie piasty. Podwójny uchwyt obsługuje maszynę pracującą w taktie ciągłym. Stacja magnesowania składa się z dwóch ustawionych pionowo trzpieni magnesujących, które podczas procesu kontrolnego przesuwane są pneumatycznie ku dołowi, przez otwór piasty kół. Dwaj obserwatorzy mogą w każdej chwili przerwać kontrolę przez naciśnięcie przycisku. Przed badaniem pęknięć ma miejsce kontrola geometrii oraz struktury. W ten sposób przeprowadzone zostają trzy różne badania na jednej linii oraz zawężonym obszarze. Długość taktu przypadająca na piastę koła wynosi ok. 5 sekund. Piasty zsuwają się z przenośnika łańcuchowego na stół obserwacyjny i po dokonanej ocenie, przy zastosowaniu ukośnie stojącej cewki będą rozmagnesowane.



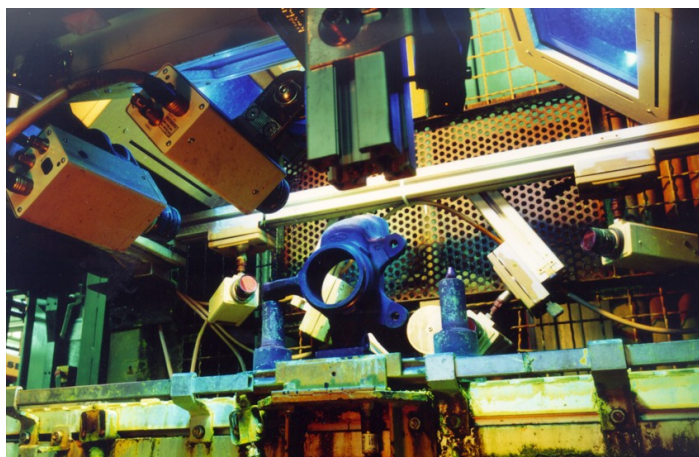
**Rysunek 8a.** Maszyna specjalna do magnetycznego badania piast kół, do badania struktury prądem wirowym oraz kontroli geometrii.

**b)** podczas jednego taktu, kontroli poddawane są dwie piasty.

Kontrola struktury i geometrii określa w tym wypadku rozmieszczenie i konstrukcję uchwytu przedmiotu obrabianego. Poprzez ekonomicznie możliwą modyfikację maszyny standardowej z przenośnikiem łańcuchowym, nie spełniono by tych dodatkowych wymogów. Tylko specjalne rozwiązanie umożliwiło spełnienie obszernego zakresu obowiązujących zadań.

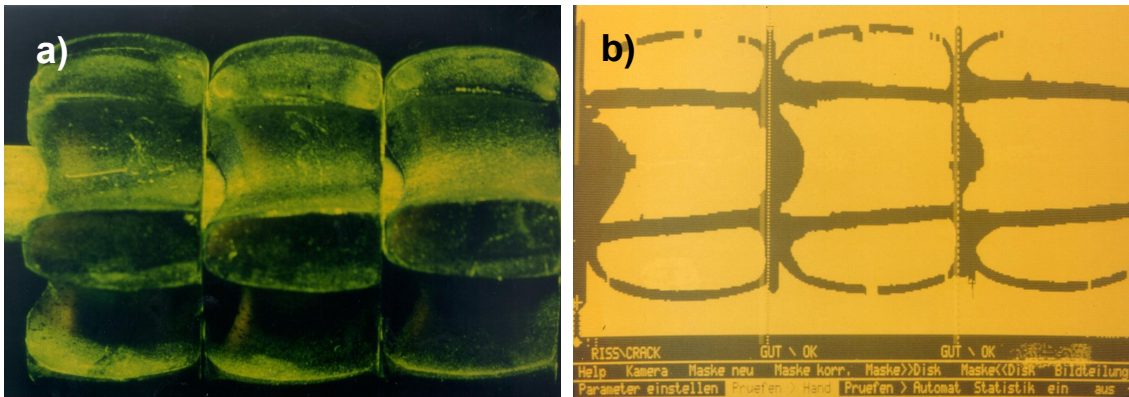
## 10 Automatyczna obserwacja i ocena

Czas poświęcony ocenie i naturalnie liczba zatrudnionych kontrolerów mogą zostać zminimalizowane przez zastosowanie oceny fotograficznej. Takie w pełni zautomatyzowane urządzenia znalazły już skuteczne zastosowanie u znanych producentów samochodów w Niemczech. Powierzchnia kontrolowanego elementu jest poddawana możliwie całkowitemu oglądowi kamery ( **Rysunek 9** ) Obrazy cyfrowe poddawane są następnie specjalnej ocenie przez algorytmy dokonujące oceny pęknięć oraz są automatycznie dokumentowane. Algorytm zawiera dane dot. geometrii pęknięcia w powiązaniu z długością i szerokością, ewentualnie także z kształtem. Należy przy tym zwrócić uwagę, aby pole rozproszenia a zatem i wskazania pozorne mogły być szersze niż właściwe pęknięcia.



**Rysunek 9.** Urządzenie do badań – FLUXAMAT do całkowicie zautomatyzowanej oceny pęknięć. Kamery sprawdzają istotne powierzchnie badanej części – w tym przypadku zwrotnicy.

Brzozy badanego obiektu są również miejscami, na których tworzą się magnetyczne pola rozproszenia, które zatem wywołują wskazania udające pęknięcia. Wskazania krawędziowe podczas kontroli zautomatyzowanej muszą zostać z tego względu zmniejszone ( **Rysunek 10** ). Zautomatyzowana ocena pęknięć reaguje z dużą wrażliwością na kontrast obrazów cyfrowych. Warunki kontroli, np. oświetlenie podłoża oraz właściwości środka badawczego muszą być z tego względu odpowiednio, odtwarzalnie przestrzegane.



**Rysunek 10.** Urządzenie do badań – FLUXAMAT do kontroli piast, **a)** obraz podczas kontroli, **b)** obraz cyfrowy ze wskazaniem na brzegach.

Ogółem, cztery urządzenia FLUXAMAT zostały dostarczone znanym niemieckim klientom końcowym. Trzeba było z trudem stwierdzić na podstawie dowodów, że automatyczne urządzenie do badań bierze górę nad manualną oceną pęknięć. Dotyczyło to nie tylko wyszukiwania pęknięć powierzchniowych, lecz także uniknięcia pseudo – braków. Wiele powodów doprowadziło do przesortowania urządzeń: jeden użytkownik tak dobrze opanował produkcję, że postanowił w przyszłości całkowicie zrezygnować z kontroli – wątpliwe postępowanie! W przypadku innego użytkownika na skutek zmian strukturalnych, odpowiedzialność oraz koszty badań defektoskopowych zostały przerzucone całkowicie na kooperanta branży samochodowej. Ponieważ wieloletnie umowy dla kooperantów są rzadko gwarantowane, jest raczej tendencja w kierunku urządzeń do badań, które znajdują uniwersalne zastosowanie dla rozmaitych badanych elementów.

Przyszłość pokaże, czy sprawdzi się kompletnie zautomatyzowane badanie na pęknięcia metodą magnetyczną. Szczególnie w przypadku dużego stopnia przepustowości oraz długim czasie przebiegu dla tego samego elementu, opłaca się zastosowanie maszyny specjalnej z oceną fotograficzną. Wymagania, jakie stawia się wobec obsługi zautomatyzowanego urządzenia do badań metodą magnetyczną są jednak wyższe niż w przypadku personelu obsługującego tradycyjne urządzenie do tychże badań.

## 11 Podsumowanie

Niniejszy artykuł daje pogląd na sprawne metody skrócenia długości taktu. Stopniowo podwyższany był stopień automatyzacji. Najpierw opisana została maszyna dwustykowa, znajdująca uniwersalne zastosowanie, w której przypadku program taktów- a wraz z nim związany czasowy przebieg, może zostać zautomatyzowany. Długość typowego taktu kontrolnego wynosi ok. 8 sekund. Załadunek i rozładunek maszyny oraz ocena wskazań należy dodać. W zależności od geometrii elementów, do przewidzenia są rozwiązania, gdzie badane może być więcej części podczas jednego taktu.

W przypadku skomplikowanych elementów, zaleca się często zastosowanie maszyny wielostykowej. Elementy, pomimo swojej skomplikowanej geometrii, będą poddane badaniu pod kątem pęknięć wszelkiego rodzaju, podczas jednego taktu.

Rozmagnesowanie przy użyciu zewnętrznej cewki ( poza maszyną ), może także zaoszczędzić czas kontroli. Długość taktu maszyny ulegnie przez to skróceniu o jedną do dwóch sekund.

Technika transportu, która związana jest z maszyną może zoptymalizować czasowo załadunek i rozładunek maszyny kontrolującej oraz odciążyć personel kontrolujący. Został zaprezentowany wyrzutnik badanych części, który automatyzuje rozładunek. Przenośnik łańcuchowy umożliwi rozładunek oraz załadunek maszyny powiązany z taktom, a w przypadku małych elementów stanowi dobrą możliwość redukcji czasu. W przypadku większych elementów, można zastanowić się nad zastosowaniem robota do załadunku i rozładunku maszyny kontrolującej.

Maszyny specjalne, które produkowane są na zamówienie klienta, specjalnie w odniesieniu do danego elementu stanowią często najlepsze rozwiązanie. Pierwszeństwo powinna mieć jednak modułowa rozbudowa urządzeń kontrolujących, gdyż wtedy stanowisko kontrolne może być stosunkowo prosto przystosowane do nowego zadania kontrolnego. Zastosowanie maszyny uniwersalnej okazuje się stąd często bardzo korzystne. Profile standardowe do budowy maszyn i rozmaite uchwyty do elementów

określają zasadę konstrukcji zespołowej, która może być ustalona w oparciu o ilość zadań kontrolnych. Przy odpowiednim planowaniu, maszyny wielostykowe oraz maszyny z wyrzutnikiem, względnie przenośnikiem łańcuchowym, dają się zmienić poprzez kilka uchwytów lub przemianować na maszynę standardową.

Jako ostatnia, przedstawiona została możliwość oceny pęknięć przy zastosowaniu obserwacji fotograficznej oraz automatycznej oceny przy użyciu komputera. Z pewnością, założenia odnośnie zdolności operacyjnej oraz algorytmów do obróbki zdjęć są lepsze niż dotychczas. Budowa takiej specjalnej maszyny stawia jednakże wysokie wymagania techniczne transportu i personelowi obsługującemu. Maszyna musi każdorazowo być dostosowana do danego elementu. Byłoby oczywiście najkorzystniej, gdyby przebiegająca kompletnie automatycznie ocena, była wolna od jakiegokolwiek subiektywizmu. Przy tym można prowadzić prace przy znacznie zmniejszonej liczbie personelu. Przyszłość pokaże, czy ocena przy zastosowaniu kamery przyjmie się w badaniach magnetycznych.

## Literatura

[1] V. Deutsch, W. Morgner, M. Vogt: Badanie pęknięć przy zastosowaniu proszku magnetycznego – Podstawy i praktyka, Wydawnictwo VDI, 261 stron, 210 ilustracji, 1993.

[2] V. Deutsch; Badanie pęknięć przy zastosowaniu proszku magnetycznego zapewnia jakość kompleksowych elementów kutych.

[3] V. Deutsch, M. Vogt, M. Platte, V. Schuster, W. Deutsch: Badanie pęknięć przy zastosowaniu proszku magnetycznego, Tom 3z serii *ZfP kompakt und verständlich*, wydawnictwo Castel GmbH Wuppertal, 1999.

[4] W.A.K. Deutsch, R. Wagner, W. Weber, Odtwarzalna produkcja surowców do badań pęknięć proszkiem magnetycznym, Kontrola materiałowa defektoskopii magnetycznej proszkowej, # 1-2, S. 22-25, 2001.

[5] V. Deutsch: Możliwości i ograniczenia automatycznego rozpoznawania pęknięć podczas badania przy zastosowaniu proszku magnetycznego. Rozdział zawierający sprawozdanie ze zjazdu DGZfP, Stuttgart, s. 36 – 40, 1990.

[6] V. Deutsch: Całkowicie zautomatyzowane magnetyczne, proszkowe badanie defektoskopowe pęknięć. Rozdział zawierający sprawozdanie ze zjazdu jesiennego ASNT ( Amerykańskie Stowarzyszenie Badań Nieniszczących ), s. 137 – 138, 1994.

[7] g. Wahl, V. Deutsch, M. Platte: Zautomatyzowane rozpoznawanie pęknięć, kontrola, lipiec-sierpień, 1995.