

Konstrukcyjne, technologiczne i eksploatacyjne aspekty znakowania elementów maszyn

MACIEJ MATUSZEWSKI, IVAN OBORSKI, OLEG POLISHCHUK, MICHAŁ STYP-REKOWSKI

Postęp obserwowany w szeroko pojętym otoczeniu człowieka spowodował, m.in. zwiększenie znaczenia procesów znakowania, do niedawna mającego charakter marginalny. Szczególnie widoczny jest on w technosferze, zwłaszcza w zakresie realizowanych procesów wytwarzania. W artykule przedstawiono w skrócie genezę systemów znakowania, opisano także obecnie realizowane w sferze przemysłowej metody tworzenia znaków oraz liczne sposoby ich nanoszenia. W prezentowanym materiale uwzględniono konstrukcyjne, technologiczne i eksploatacyjne aspekty, determinujące efektywność i niezawodność procesów znakowania elementów maszyn.

Geneza i rozwój systemów znakowania

Potrzeba znakowania towarów najwcześniej pojawiła się w handlu. Jeszcze przed II wojną światową zastanawiano się nad wdrożeniem w tej branży jakiegoś systemu znakowania, który umożliwiłby automatyzację dokonywania opłat w dużych obiektach handlowych. Wojna zmusiła do skierowania wysiłków badawczych w innych kierunkach, dlatego dalsze prace prowadzono dopiero po jej zakończeniu. Po kilku kolejnych latach zakończyły się one sukcesem, gdyż w 1952 roku w USA opatentowano pierwszy sposób kodowania towarów, wykorzystując do tego celu cyfry. W rezultacie dalszych prac, zbiór elementów wykorzystywanych w kodowaniu rozszerzono do znaków alfanumerycznych, a w 1976 roku opracowano pierwszy alfanumeryczny kod kreskowy.

Rosnący zakres stosowania znakowania towarów przyczynił się do dalszych poszukiwań nowych sposobów kodowa-

nia. W ich wyniku powstały udoskonalone wersje istniejących sposobów, a także nowe systemy – kreskowy i mozaikowy, zwany również matrycowym [4]. Przykłady systemów kodowania przedstawiono na rys. 1.

Ostatni z wymienionych systemów – mozaikowy, jest obecnie powszechnie stosowany w wielu sferach aktywności człowieka, nie tylko w technosferze. Należy przy tym zauważyć, że wcześniej powstałe systemy są również stosowane i także ciągle doskonalone.

Przedstawione systemy można zaliczyć do zbioru systemów analogowych. Równolegle obserwuje się także rozwój systemów zaliczanych do zbioru dyskretnych. Z tej grupy najbardziej rozpowszechniony jest system RFID (akronim angielskiej nazwy: *Radio-Frequency Identification*), w którym do przesyłania danych oraz zasilania elektronicznego układu wykorzystywane są fale radiowe.

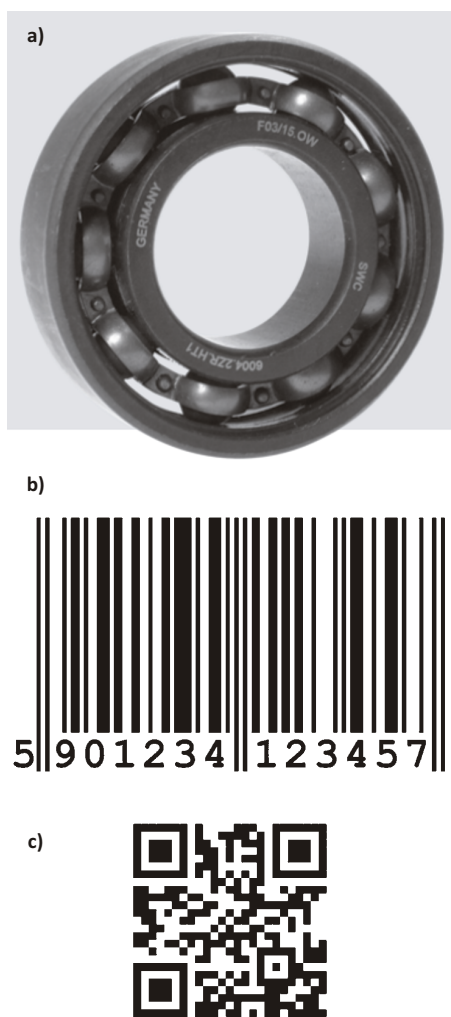
Szacuje się, że obecnie istnieje ok. 250 wersji kodów. Ta duża liczba powoduje, że są one klasyfikowane przy użyciu

różnych kryteriów. Jedną z częściej wykorzystywanych klasyfikacji zawiera podział według wymiarowości kodu i przy tym kryteriów wyróżnia się następujące ich rodzaje [4]:

- jednowymiarowe (1D) – informacje zapisane są w jednej linii, najczęściej w formie kresek,
- dwuwymiarowe (2D) piętrowe – rozwinięcie kodów jednowymiarowych polegające na istnieniu kilku linii kodu, jedna pod drugą,
- dwuwymiarowe (2D) matrycowe – informacja zapisana jest na określonej powierzchni, z tym że do zapisu nie są wykorzystywane kreski, lecz inne oznaczenia,
- kody złożone – występują w nich równo elementy kodów jednowymiarowych, jak i dwuwymiarowych,
- kody trójwymiarowe (3D) – zazwyczaj są to wytłaczane dowolne kody jednowymiarowe, przy czym różnica polega na tym, iż w zapisie zamiast różnych kolorów stosuje się różne głębokości tłoczenia.

W celu skonsolidowania i koordynowania prac związanych z kodowaniem w 1976 powołano w Europie instytucję European Article Numbering (EAN), do której Polska wstąpiła dopiero w 1990

Dr hab. inż. M. Matuszewski, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, Wydział Inżynierii Mechanicznej, prof. I.L. Oborski, Narodowy Uniwersytet Technologii i Wzornictwa, Kijów, Ukraina, prof. O. Polishchuk, Narodowy Uniwersytet Techniczny, Chmielnicki, Ukraina, prof. dr hab. inż. M. Styp-Rekowski, Bydgoska Szkoła Wyższa, e-mail: m.styprekowski@wp.pl.



Rys. 1. Przykłady stosowanego oznakowania: a) znakami alfanumerycznymi, b) kodem kreskowym, c) kodem mozaikowym

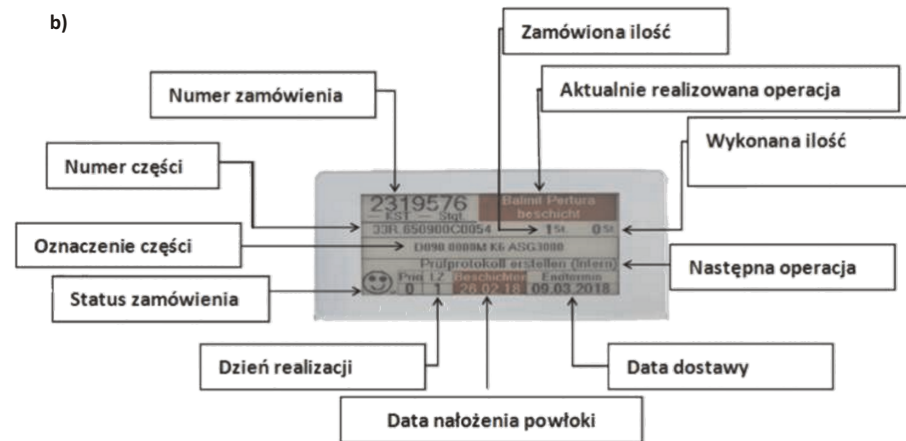
Znakowanie w procesach wytwórczych

W procesach produkcyjnych znakowanie wykorzystuje się zarówno do samych wytwarzanych elementów jak również do identyfikowania narzędzi w zautomatyzowanych systemach produkcyjnych. W tym pierwszym przypadku znakowanie realizowane jest najczęściej za pomocą znaków alfanumerycznych i zawiera wiele różnorodnych informacji – rys. 2.

Informacje do tabliczki wprowadza się i aktualizuje za pomocą komputera. Z zapisanego zbioru informacji można zorientować się o stanie zaawansowania procesu wytwórczego. Jest tam też wskazówka dotycząca kolejnej fazy tego procesu, co jest bardzo przydatne przy zautomatyzowanym transporcie między-

operacyjnym. Zbiór informacji zawierających kolejne zmiany stanowi bazę danych o procesie wytwórczym, m.in. w zakresie: kolejności realizowanych operacji i zabiegów, liczby wykonanych elementów, terminu realizacji.

Znakowanie narzędzi jest niezbędne w komputerowych systemach sterowania (CNC) procesem wytwórczym. Umożliwia ono właściwy wybór narzędzia realizującego określoną operację lub zabieg, pozwala także na monitorowanie stanu narzędzia i odpowiednią reakcję w przypadku stwierdzenia przekroczenia granicznej wartości parametru przyjętego jako kryterium stanu narzędzia. Najczęściej do tego celu wykorzystywany jest obecnie wspomniany wyżej system identyfikacyjny narzędzi RFID, którego elementami są: moduł mikroproceso-



Rys. 2. Alfanumeryczny zapis stanu realizacji procesu wytwórczego określonego produktu: a) tabliczka informacyjna na opakowaniu transportowym, b) informacja dotycząca poszczególnych pól [1]

roku; wtedy też powstała krajowa organizacja dotycząca tego zagadnienia – Centrum Kodów Kreskowych (CKK).

Przemysłowe wykorzystanie znakowania

Jednym z licznych obszarów wykorzystywania systemów znakowania jest przemysł. Stosowane jest ono zarówno w fazie produkcji różnorodnych wytworów, jak również w czasie postprodukcyjnym, a więc w procesach ich magazynowania i dystrybucji. We wszystkich wymienionych obszarach efektywność znakowania determinują trzy czynniki:

- sam system,
- sposób wykonania znaku,
- sposób jego odczytania.

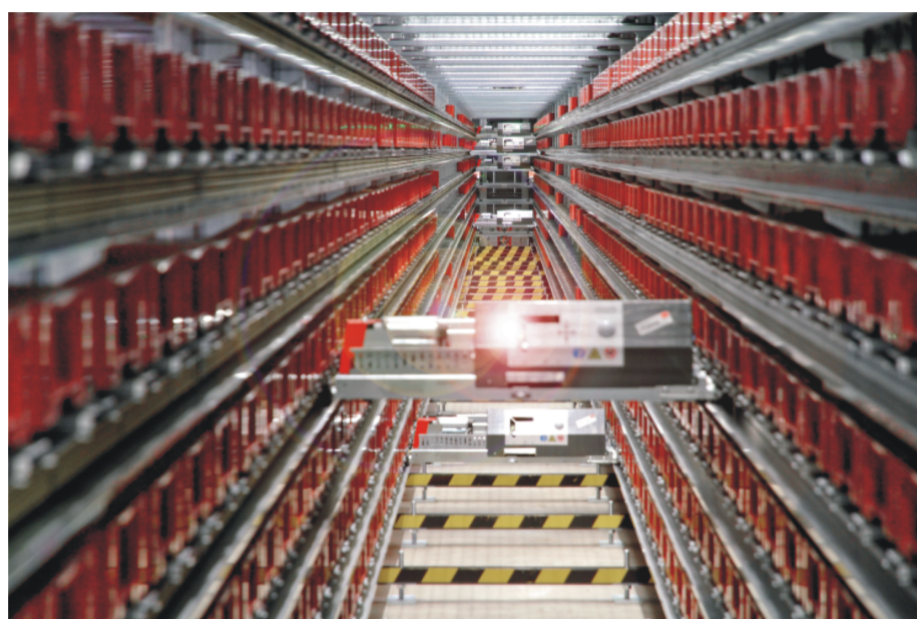


Rys. 3. Frez kształtowy ze znacznikiem (Z) usytuowanym w oprawce narzędziowej

rowy, głowica odczytująco-zapisująca oraz zespół miniaturowych, a zarazem odpornych mechanicznie znaczników. Każde narzędzie w systemach CNC mocowane jest w oprawce, która zapewnia odpowiednie, zdefiniowane usytuowanie narzędzia w przestrzeni roboczej, umożliwia także pobranie właściwego narzędzia z obrabiarkowego magazynu narzędzi i ewentualną późniejszą jego wymianę. Znaczniki identyfikujące usytuowane są właśnie w oprawkach narzędziowych – rys. 3, co w dużym stopniu zabezpiecza je przed mechanicznym uszkodzeniem podczas obróbki.

Należy przy tym zauważyć, że takie mocowanie narzędzi (w oprawkach) generuje potrzebę istnienia w zakładzie, w którym realizowana jest obróbka dobrze wyposażonego metrologicznie działu narzędziowni, od którego bezpośrednio zależeć będzie dokładność obrabianych elementów.

Po zakończeniu procesu wytwórczego gotowy produkt jest w sposób trwały znakowany w celu stworzenia możliwości jego automatycznej identyfikacji. Do tego celu wykorzystuje się najczęściej kody liniowe lub mozaikowe, które umieszcza się bezpośrednio na produkcie lub/oraz na jego opakowaniu.



Rys. 4. Zautomatyzowany magazyn wysokiego składowania [1]

Znakowanie w fazie magazynowania i dystrybucji

Istniejący stopień zautomatyzowania prac magazynowych i dystrybucji powoduje sytuację, w której kodowanie wytworzonych towarów jest niezbędne. W magazynach wysokiego składowania – rys. 4, wyszukiwanie nieoznakowanych towarów jest praktycznie niemożliwe, w najlepszym przypadku – bardzo utrudnione. Do znakowania w tej sferze działalności najczęściej używa się kodów kreskowych naklejanych na opakowaniach zbiorczych, pojemnikach transportowych lub bezpośrednio na magazynowanych elementach.

Przechowywane towary znajdują się w oznaczonych kodem pojemnikach lub opakowaniach zbiorczych. Kodem oznaczone są także miejsca składowania – rys. 5.



Rys. 5. Pojemniki z towarem i miejsca ich składowania oznakowane kodami

Łącznie, systemy kodowania stosowane w obydwóch wymienionych zakresach (towar i miejsce), stwarzają możliwość szybkiej i niezawodnej lokalizacji towarów i automatyczne pobieranie ich zgodnie z potrzebami. Umożliwia to wyposażenie magazynu w profesjonalny sprzęt logistyczny – rys. 4.

Techniki znakowania, sprzęt do znakowania i odczytu

Rozwój i wdrażanie nowoczesnych metod i sposobów znakowania stał się przyczynkiem do postępu w zakresie sprzętu do ich realizacji, i to zarówno w zakresie tworzenia znaków jak również ich odczytywania. W pierwszych, najprostszych sposobach znakowania do tego celu wykorzystywane były numeratory, a więc narzędzia, umożliwiające ozna-

kowanie produktu symbolem umożliwiającym jego identyfikację. Do znakowania elementów wykorzystywane były znaczki literowe lub (częściej) cyfrowe – rys. 6. Znaki na czołowej powierzchni narzędzia (cyfry lub litery) umieszczone są w lustrzanym odbiciu, co w wyniku ich wykonania na powierzchni elementu daje obraz poprawny.

Do wywarcia nacisku powodującego odwzorowanie znaku umieszczonego na znaczku używa się albo narzędzi ręcznych, np. młotka, albo urządzeń typu prasa. Taki sposób znakowania jest trwały, ma jednak zasadniczą wadę, a mianowicie wprowadza w warstwę wierzchnią dodatkowe, niepożądane naprężenia i karby, które mogą być przyczyną skrócenia czasu użytkowania tak oznakowanego elementu [3]. Z tego powodu sposób ten stosuje się tylko w takich przypadkach gdy nie pogarsza on tych cech, np. w znakowaniu elementów konstrukcyjnych struktur spawanych.

Wspomnianych, negatywnych cech znakowania przy użyciu opisanych wyżej numeratorów można uniknąć stosując numeratory znakujące metodami poligraficznymi. Ze względu jednak na małą trwałość takiego oznaczenia, stosowane są one najczęściej do nanoszenia znaków na opakowaniu.

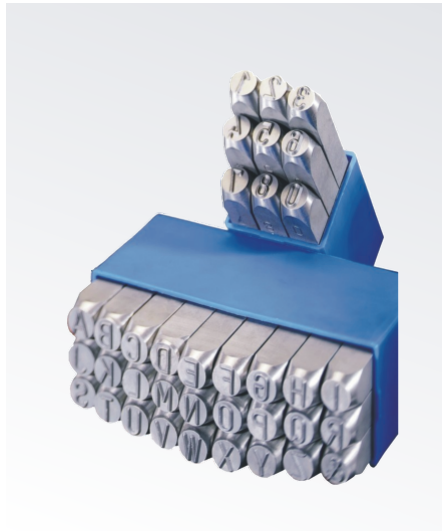
W większości przypadków kody metodami poligraficznymi nanosi się na etykietach, które następnie mocowane są na opakowaniach lub bezpośrednio na elemencie. Przykład drukarki etykiet z kodami przedstawiono na rys. 7.

Drukarki takie używane są tam gdzie istnieje potrzeba drukowania dużej liczby etykiet. Urządzenia te powinny przede wszystkim zapewniać dobrą jakość wydrukowanego kodu, gdyż to właśnie jakość determinuje prawidłowość odczytu i dalsze ewentualne działania logistyczne, a jednocześnie powinny one cechować się dużą wydajnością i niezawodnością.

Obecnie, jedną z najpopularniejszych metod znakowania przemysłowego jest znakowanie laserowe. Polega ono na nanoszeniu na powierzchnię elementów dowolnych znaków wykorzystując do tego celu skoncentrowaną wiązkę fotonów jaką generuje laser. W miejscu padania wiązki światła następuje usunięcie cienkiej warstwy materiału,

albo zachodzą zmiany termofizyczne lub termochemiczne powierzchni, którym towarzyszy zmiana jej zabarwienia.

Do znakowania przedmiotów najczęściej stosowane są dwa podstawowe typy laserów: Nd:YAG oraz CO₂. Obecnie, coraz częściej w procesie znakowania wykorzystuje się ponadto lasery UV. Zastosowanie konkretnego typu lasera jest uzależnione od rodzaju znakowanego materiału.



Rys. 6. Znaczki cyfrowe i literowe

W praktyce przemysłowej wykorzystuje się obecnie dwie metody znakowania laserowego. Pierwsza z nich to metoda MM (*Mask Marking*), druga, to VM (*Vector Marking*). W pierwszej z nich na obiekt pada wiązka światła laserowego, która przechodzi wcześniej przez szablony ze wzorem znaku. W znakowarkach laserowych, zwanych też markerami, wykorzystujących tę metodę, stosuje się zazwyczaj lasery impulsowe. W drugiej metodzie steruje się wiązką światła laserowego, tak aby padało ono w ściśle określone miejsca i pod żądanym kątem. Światło jest nakierowywane przez system lusterek o zmiennym nachyleniu – rys. 8, dzięki czemu powstały w ten sposób znak nie jest zdeformowany. W znakowarkach realizujących metodę VM używane są lasery o działaniu ciągłym.

Układ sterowania znakowarki zapewnia wykonanie znaku na powierzchniach o tworzących prosto- jak również krzywoliniowych – rys. 9.

Znakowanie laserowe metodą MM jest szybsze i tańsze niż metodą VM. Stosuje się je przede wszystkim w produkcji wielkoseryjnej, gdy nanoszone oznacze-



Rys. 7. Przemysłowa drukarka etykiet z kodami

nia zmienia się rzadko. Ich zmiana wymaga bowiem wykonania nowego szablonu. W przypadku znakowania VM wzór można łatwo zmieniać modyfikując w czasie rzeczywistym dane przekazywane do programu sterującego urządzeniem znakującym.

Znakowanie laserowe umożliwia trwałe nanoszenie kodów wszystkich znanych rodzajów na elementach wykonanych

z różnych tworzyw konstrukcyjnych, zarówno metalowych jak i niemetalowych. Na rys. 10 przedstawiono przykład oznakowania kodem mozaikowym oraz znakami alfanumerycznymi, w których wykorzystano metodę VM.

Efekty znakowania w dużym stopniu zależą od mocy wyjściowej użytego lasera. Lasery o dużej mocy wyjściowej umożliwiają głębsze grawerowanie obiektów i skracają czas znakowania. Orientacyjną zależność tych wielkości przedstawiono na wykresie – rys. 11, a przykłady znaków wykonanych przy różnej mocy wyjściowej lasera – na rys. 12.

Z przedstawionych na rys. 11 wykresów wynika, że dwukrotne zwiększenie mocy wyjściowej lasera pozwala mniej więcej w takim samym stopniu skrócić czas znakowania, przy takiej samej głębokości znaku.

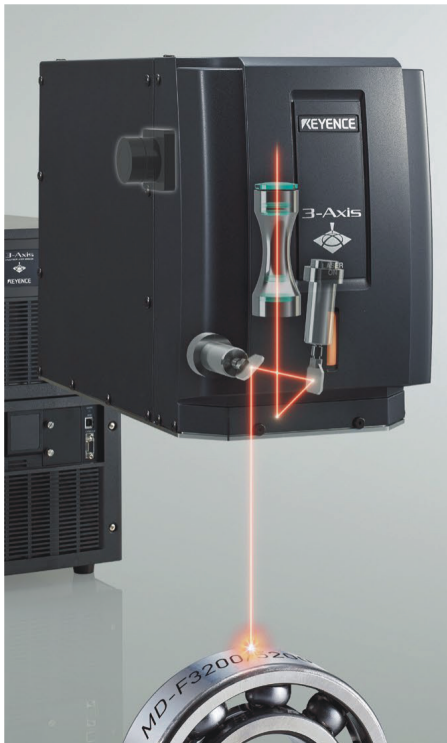
Należy jednak zaznaczyć, że przedstawione na rys. 11 zależności są orientacyjne. Przebieg funkcji może się zmieniać w zależności od tworzywa konstrukcyjnego znakowanego elementu, a także od innych warunków znakowania.

W praktyce przemysłowej stosowane są także inne metody znakowania. Jedną z nich jest metoda mikroudarowa, w której element jest znakowany za pomocą igły z diamentową lub karbidową końcówką. Igła, a właściwie głowica

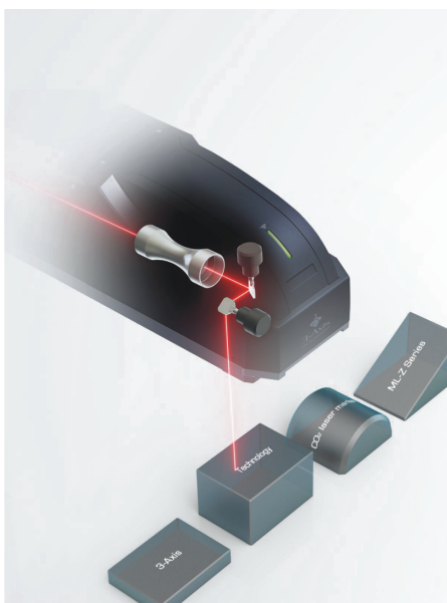
wyposażona w kilka lub kilkanaście igieł (podobnie jak ma to miejsce w drukarce igłowej), uderzając w element wybija na jego powierzchni gęsto obok siebie rozmieszczone mikrowgłębienia. Łącząc się ze sobą, tworzą one graficzny obraz lub linie znaku, które są widoczne dzięki różnicy w sposobie odbijania światła przez wgłębienia i gładkie tło powierzchni znaczonego detalu.

Do podstawowych zalet metody mikroudarowej należą: małe koszty, duża szybkość i wydajność znakowania. Pozytywną cechą jest również to, że ruch igieł znakujących można dowolnie programować, co umożliwia nanoszenie dowolnych znaków, a także automatyzację znakowania. Metoda ma także swoje wady. Wykonany znak może stawać się nieczytelny z powodu zużycia się igieł, źle dobranej ich twardości, nieprawidłowej siły (zbyt małej lub zbyt dużej w stosunku do znakowanego materiału), a także zmian odległości między znakowaną powierzchnią elementu a narzędziem znakującym. Trudności z odczytaniem kodu mogą też wystąpić, gdy wgłębienia znacząco różnią się wymiarami, czego przyczyną mogą być duże wahania siły uderzającej lub niewłaściwe zamocowanie znakowanego elementu.

Specyfika tej metody powoduje, że wykorzystywana jest ona jedynie do nanoszenia kodów alfanumerycznych.



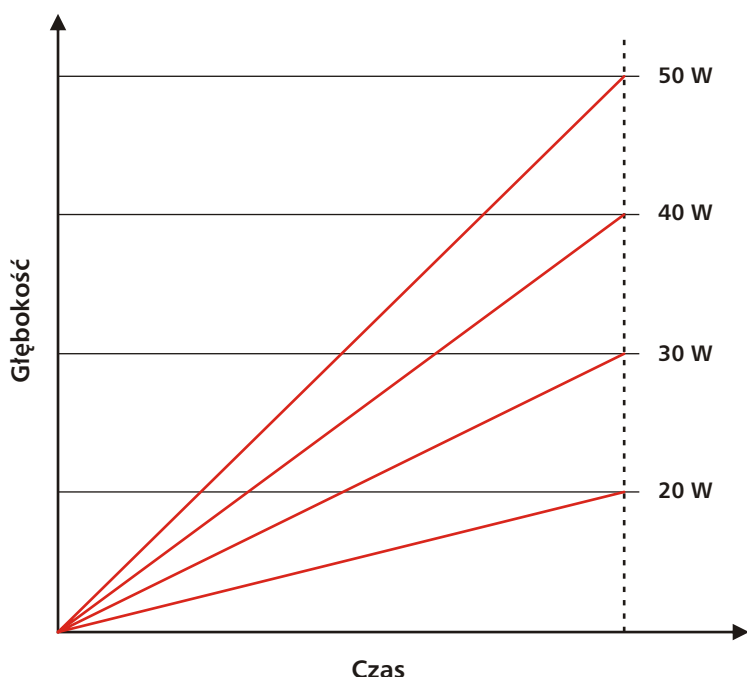
Rys. 8. Zasada laserowego znakowania metodą VM [2]



Rys. 9. Przykłady możliwości laserowego znakowania metodą VM [2]



Rys. 10. Element z oznakowaniem alfanumerycznym i mozaikowym wykonanym laserowo [2]



Rys. 11. Zależność głębokości znaku od czasu pracy lasera przy różnych jego mocach wyjściowych [2]

Inną metodą nanoszenia znaków jest metoda elektrochemiczna. Możliwość jej stosowania jest ograniczona do tworzyw konstrukcyjnych przewodzących prąd elektryczny. Metoda ta cechuje się małymi kosztami, sporą szybkością oznaczania, a także dużą trwałością i jakością

obrazu. Na podkreślenie zasługuje ponadto fakt, że metoda ta nie powoduje deformacji elementu ani nie wprowadza zmian w jego strukturze krystalicznej. Dobierając odpowiedni elektrolit i czas trawienia, można nanosić oznaczenia o różnicowanej głębokości, wynoszącej od kilku do kilkuset mikrometrów. Istotne jest również to, że metodą elektrochemiczną można znakować także bardzo twarde metale.

Do ujemnych cech tej metody zaliczyć należy przede wszystkim ograniczony zbiór tworzyw konstrukcyjnych, z wyłączeniem jeszcze dodatkowo powierzchni z naniesionymi powłokami. Tą metodą nie można znakować na przykład powierzchni anodowanego aluminium, z powłokami fosforanowymi, a także pokrytych powłokami malarskimi. Pewną cechą ujemną jest także konieczność dokładnego usunięcia lub zubożenia elektrolitu po zakończeniu znakowania, gdyż jego pozostałość może w istotny sposób przyczynić się do szybkiego rozwoju korozji.

Od wielu lat jako metoda znakowania znane jest grawerowanie. W obecnych czasach grawerowanie metalowym narzędziem zastąpiono metodami wykorzystującymi tzw. pióra grawerskie umożliwiające szybkie i efektywne znakowanie. Wykorzystywane są w nich dwie odmiany znakowania: mikroszlifowanie lub elektroiskrowo. Pierwsza

z nich pozwala na mechaniczne wygrawerowanie znaków praktycznie na każdej twardej powierzchni, w tym także na powierzchni szkła, natomiast pióro elektroiskrowe nadaje się jedynie do nanoszenia oznaczeń na elementach przewodzących prąd elektryczny. W metodzie szlifowania stosowane są szlifierki napędzane elektrycznie lub pneumatycznie z precyzyjnymi końcówkami pozwalającym metodą ubytkową wykonać znaki w twardym materiale. W przypadku pióra elektroiskrowego, kontakt jego końcówki o średnicy około 0,5÷1,5 mm z metalem powoduje iskrzenie, które wypala znak na powierzchni metalu. Ważną cechą takiego znaku jest to, że chociaż są one tylko na powierzchni, to jednak są dobrze czytelne i trwałe. Metoda elektroiskrowa nadaje się zarówno do twardych materiałów, np. węglików spiekanych, jak i do powierzchni kruchych tworzyw konstrukcyjnych, których znakowanie metodą mikroudarową nie jest możliwe ze względu na możliwość pęknięcia.

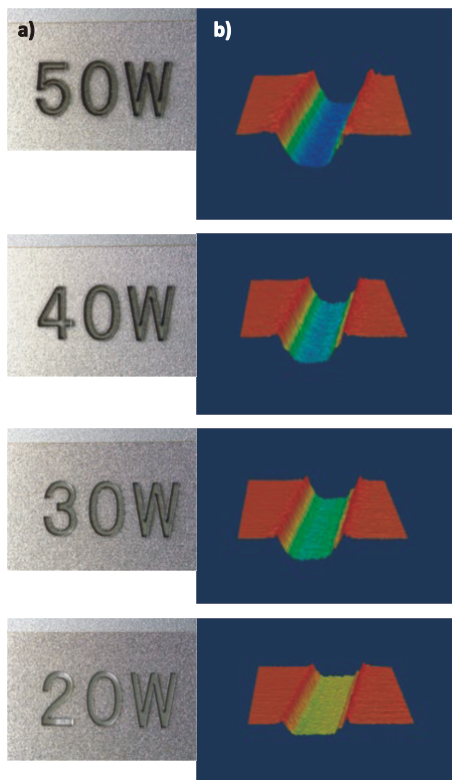
Czytniki znaków

Podstawową cechą czytników znaków musi być dokładność i czułość odczytu, gdyż błędy w tym zakresie mogą mieć znaczenie odnośnie dalszych działań dotyczących oznakowanego towaru.

Początkowo do odczytu używano specjalnie zmodyfikowanych piór świetlnych, które musiały być przesuwane tuż nad kodem prostopadle do pasków, co było niewygodne i mało dokładne. Obecnie do odczytu używa się czytników, zwanych także skanerami, o różnej konstrukcji. Umożliwiają one odczyt z pewnej odległości i są mniej czułe na wzajemne ustawienie czytnika i odczytywanego kodu. Ze względu na technologię odczytywania czytniki można podzielić na:

- laserowe,
- diodowe,
- wykorzystujące kamery wideo

Każdy z tych rodzajów czytników ma cechy, które predestynują je do określonych zastosowań, np. czytniki laserowe mają największy zasięg odczytu, będą więc stosowane tam gdzie bezpośredni dostęp do kodu jest utrudniony. Czytniki diodowe wykorzystujące matryce CCD (*Charge-Coupled Device*) stosowane są tam gdzie wymagana jest



Rys. 12. Przykłady znaków wykonanych laserem przy różnych wartościach mocy wyjściowej (a) oraz kształty i głębokości znaków (b) [2]

duża szybkość i dokładność odczytu. Czytniki wykorzystujące kamery wideo są z wymienionego zbioru najszybsze, pozwalają także odczytać kody zapisane na powierzchniach zakrzywionych.

W zależności od potrzeb i miejsca ich stosowania czytniki mogą być przenośne lub stacjonarne. W tym pierwszym przypadku są to najczęściej skanery bezprzewodowe – rys. 13. Do działania niezbędne jest wyposażenie ich w interfejs Bluetooth (zasięg około 10 metrów) lub utworzona w obrębie zestawu sieć bezprzewodowa (zasięg do nawet 300 metrów).

W trakcie odczytywania kodu techniką skanowania, światło pochodzące z czytnika, uformowane w ciekłą wiązkę (laser), przesuwa się wzdłuż czytanej kody. Światło to jest następnie odbijane przez jasne elementy kodu (przerwy), a pochłaniane przez jego ciemne elementy (kreski lub pola), co odczytuje



Rys. 13. Mobilny, bezprzewodowy czytnik kodów kreskowych i alfanumerycznych

fotodioda. Światło odbite od przerw powoduje powstanie w czytniku silniejszych sygnałów elektrycznych, natomiast w wyniku braku odbicia – światło jest pochłaniane przez czarne kreski, powstają sygnały słabsze. W zależności od grubości tych elementów (przerwy i kreski), różny jest też czas poszczególnych sygnałów. Czas każdego impulsu to zakodowane informacje, które są tłumaczone przez dekodery czytnika na cyfry, litery lub inne znaki i przesyłane do komputera. Nowoczesne czytniki laserowe wyposażone są w funkcje korekty kontrastu, kąta i geometrii, dzięki czemu możliwe jest szybkie i prawidłowe odczytywanie kodów w każdych, nawet najtrudniejszych warunkach [2].

W celu zwiększenia niezawodności odczytu, czytniki mogą być wyposażone w procedury pozwalające zweryfikować poprawność odczytanego kodu, przy czym pewne elementy umożliwiające weryfikację zaimplementowane muszą być w budowie kodu (kody ze znakiem kontrolnym).

Jako źródła światła w skanerach kodów używane były początkowo diody LED. Wadą takiego rozwiązania była konieczność zbliżenia skanera do kodu na bardzo małą odległość. Obecnie produkowane skanery używają lasera, co umożliwia – zależnie od modelu – odczyt nawet z kilku metrów. Nowoczesne skanery potrafią odczytywać nie tylko kody jednowymiarowe (paskowe), lecz także kody dwuwymiarowe – 2D.

Stacjonarne czytniki kodów wykorzystywane są w dużych centrach logistycznych – rys. 14. Realizują one tam funkcje sterujące ruchem przemieszczanych towarów. W odczytanych kodach mogą bowiem zawarte być informacje dotyczące, m.in. docelowego miejsca ich transportu.

Wykorzystując te informacje uruchamiane są mechanizmy sterujące w odpowiedni sposób trasą ich przemieszczania. Na rys. 14 widoczne są mechanizmy umożliwiające zmianę kierunku ruchu towarów.

Podsumowanie

Efektywność logistyki obecnie realizowanych procesów wytwórczych w dużym stopniu zależy od możliwości szybkiej i poprawnej identyfikacji elementów biorących w nich udział. Dotyczy to przede wszystkim obrabianych elementów oraz wykorzystywanych narzędzi, które z tego powodu muszą być w odpowiedni sposób znakowane.

Ciągle zwiększające się potrzeby w tym zakresie spowodowały szybki rozwój metod znakowania i urządzeń, zarówno znakujących jak również odczytujących znaki. Na podstawie przeprowadzonej analizy stwierdzić można, że najczęściej do tego celu wykorzystywane narzędzia wykorzystują skoncentrowaną wiązkę fotonów jaką generują lasery. Znaki wykonane przy ich użyciu są czytelne i trwałe, a poza tym nie wprowadzają zmian w strukturze materiału znakowanego elementu.

Literatura

[1] Materiały firmy CERATIZIT.

[2] Materiały firmy KEYENCE.

[3] Paczkowski T., Styp-Rekowski M.: Konstrukcyjne aspekty znakowania elementów maszyn. Materiały XVII Sympozjonu PKM. Politechnika Lubelska, Lublin – Nałęczów 1995, s. 698-703.

[4] Praca zbiorowa: Kody kreskowe: rodzaje, standardy, sprzęt, zastosowania. Wydawnictwo Instytutu Logistyki i Magazynowania, Poznań 2000.

[5] Styp-Rekowski M.: Ofensywa marketingowe marki CERATIZIT. Obróbka Metalu, nr 3/2019, s. 15.



Rys. 14. Stacjonarny czytnik kodów (Cz) w linii transportowej w centrum logistycznym [1]