

Lukasz Nęcki¹

KONTROLA JAKOŚCI PROCESU PRODUKCJI Z WYKORZYSTANIEM METODY WIZUALNEJ. STUDIUM PRZYPADKU

Streszczenie: Metoda wizualna jest jedną z najważniejszych metod kontroli pomimo rozwiniętych technologii informatycznych i bardzo dużemu zautomatyzowaniu samego procesu produkcji. Nadal w celu zapewnienia odpowiedniej jakości przy niewystarczającej stabilności procesu produkcyjnego stosuje się kontrole wizualne produktu i pomimo zwiększenia zastosowania systemów przetwarzania obrazu, nic nie wskazuje na to, aby w najbliższej przyszłości czynnik ludzki został wyeliminowany z tych obszarów przedsiębiorstwa (CYFERT S. 2006). Mimo swojej niedoskonałości i dużego ryzyka niewykrycia wad lub ich nieodpowiedniej oceny przez pracownika nadal najczęściej stosowaną metodą kontroli jakości jest kontrola wykorzystująca zmysły człowieka, zwana Metodą Wizualną. Celem niniejszej publikacji jest analiza wybranego odcinka procesu produkcji tektury falistej, w przypadku którego stosowana jest kontrola procesu produkcji przy pomocy Metody Wizualnej, oraz sposobu zastosowania tej metody w przemyśle i jej wpływu na poprawę procesu produkcyjnego.

Słowa kluczowe: kontrola wizualna, proces produkcji, jakość

1. Wybrane metody kontroli jakości procesu produkcji

Zarządzanie jakością w organizacji wymaga kontroli procesów produkcyjnych w celu identyfikacji występujących w tych procesach wad i takiej poprawy procesu produkcyjnego, aby wyeliminować nie tylko same wady, ale także ich przyczyny. Kontrola jakości, zgodnie z normą, polega na sprawdzeniu zgodności wykonania określonego wyrobu z przewidzianymi dla niego wymaganiami (PN-EN ISO 22000:2006). Proces produkcyjny jest kosztem wytwarzania ponoszonym przez przedsiębiorstwo. Kontrola tych kosztów to bardzo ważny aspekt w działalności przedsiębiorstwa. W momencie kiedy w wytwarzanym wyrobie powstają wady to przestaje on spełniać oczekiwania klientów,

¹ mgr, Politechnika Częstochowska, Wydział Zarządzania, e-mail: lnecki@op.pl,

powoduje to powstawanie nadmiernych kosztów produkcji, oraz negatywną ocenę klienta. W takiej sytuacji istotnym jest ustalenie przyczyn wystąpienia takiego zjawiska (AHSEN A. 2008). Na podstawie licznych opracowań zawierających analizę kosztów produkcji można stwierdzić, że zła jakość wyrobu, błędy w cyklu produkcyjnym oraz na etapie projektowania wyrobu są źródłami dodatkowych, nieprzewidzianych strat finansowych w przedsiębiorstwie (EBENZER A., DARADASN S. R. 2011). W wielu przedsiębiorstwach produkcyjnych wykorzystuje się elementy zarządzania jakością do analizy i oceny procesu produkcyjnego (HAMROL A., KOWALIK D. 2002). Należy jednak pamiętać, że proces produkcji jest ściśle powiązany z innymi procesami, które mają równie ważny wpływ na efektywność. Wartość produktu dla klienta jest również wynikiem realizacji wielu procesów w łańcuchu dostaw takich jak: zaopatrzenie, dystrybucja i zużywania w tych procesach zasobów (ŚLIWCZYŃSKI B. 2008).

Do określenia przyczyn i skutków wystąpienia wad w wyrobie lub procesie produkcyjnym bardzo często wykorzystywana jest metoda FMEA, która jest jedną z najważniejszych metod wykorzystywanych w procesie ciągłego doskonalenia poprzez zapobieganie w występowaniu błędów i wad wyrobów (HUBER Z. 2007). FMEA jest analityczna metodologia używana dla zapewnienia, że potencjalne problemy zostały rozważone i rozpatrzone z perspektywy rozwoju produktu i procesu. Najważniejszą częścią oceny i analizy jest szacowanie ryzyka. Aby uzyskać najwyższą skuteczność analizy FMEA musi być ona przeprowadzona przed wdrożeniem produktu lub procesu, w którym potencjalna przyczyna wady istnieje (POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS 2008). FMEA ewoluuje przez każdy etap projektowania i proces rozwoju produkcji dlatego może być także wykorzystana dla rozwiązywania zaistniałego problemu. Analiza FMEA jest integralną częścią zarządzania ryzykiem i ciągłego wspierania poprawy. Metoda FMEA pozwala prześledzić strukturę kosztów prowadzonego procesu produkcyjnego, można na tej podstawie wskazać w którym etapie tego procesu powstają wady i jak jest ich koszt dla

przedsiębiorstwa (AUTOMOTIVE CERTIFICATION SCHEME FOR ISO/TS 16949:2009). Po przeprowadzonej analizie za pomocą metody FMEA w przedsiębiorstwie można zastosowanie działania korygujące i zapobiegawcze wystąpienia, które pozwolą uniknąć podobnych wad wyrobu lub błędów w procesie produkcyjnym w przyszłości (BAMFORD, D. R., GREATBANKS, R. W 2005).

Następną metodą stosowaną często w analizie problemów z wyrobem lub procesem produkcyjnym jest 8D które to jako wieloetapowe i zespołowe działanie odwołuje się na każdym etapie do innych metod i narzędzi z obszaru zarządzania jakością. Zatem 8D nie jest kolejną metodą w zarządzaniu jakością, ale pewnym uporządkowanym procesem, który tworzy schemat postępowania. Postępowanie według 8 kroków powinno dostarczyć rozwiązania problemu jakościowego, przy wykorzystaniu różnych metod i narzędzi doskonalenia jakości (ISO/TS 16949:2009). Celem 8D jest zdefiniowanie oraz wyeliminowanie przyczyn problemów. Stosowanie metody 8D ułatwia określenie przyczyny zaistniałej niezgodności i pozwala wskazać na sposób rozwiązania problemu, a także stwarza możliwość weryfikacji dokonanych działań (BABICA, M., PAJAK, E. 2006). Należy podkreślić, że w metodzie 8D, w przeciwieństwie do innych schematów postępowania z problemami, należy wskazać na pracę zespołową, która jest istotna dla powodzenia etapów działań, wymagających znajomości nie tylko procesu produkcyjnego czy samego wyrobu, ale i specyfiki całego przedsiębiorstwa.

Kolejną metodą stosowaną w przedsiębiorstwach przemysłowych do monitorowania i kontroli procesu produkcyjnego jest 5WHY zwany też diagramem dlaczego – dlaczego (SEP J., PERŁOWSKI R., PACANA A. 2006). Zaletą tej metody jest to iż jest ona krótka i nie wymaga większej znajomości zagadnień zarządzania jakością. Metoda ta opiera się na twierdzeniu, że każde kolejne pytanie jest określeniem poprzedniego zadanego pytania dlaczego. Jest bardzo pomocna w ocenie mniej złożonych problemów oraz występujących w nich związków przyczynowo - skutkowych. Metoda 5 WHY składa się z trzech etapów:

Etap pierwszy polega na: zbieraniu informacji o problemie, który wystąpił w przedsiębiorstwie. Drugi etap polega na powołaniu zespołu projektowego, który będzie analizował wszystkie przyczyny wystąpienia problemu. Powołana grupa robocza dokładnie opisze zaistniały problem. Osoby wchodzące w skład grupy roboczej powinny być bezpośrednio związane z produkcją i posiadać wiedzę na temat zaistniałego problemu (ZASADZIEN M. 2011). Etap trzeci polega na przeprowadzeniu analizy i jej weryfikacji. Najważniejsze jest zachowanie logicznego ciągu zadawania pytań (PAWLAK J. 2001). Zaletą stosowania metody 5 WHY jest łatwość stosowania w każdym przedsiębiorstwie, nie potrzebne jest przeszkolenie pracowników, wymagana jest jedynie znajomość problemu, który poddawany będzie analizie. Ponadto metoda ta skłania pracowników do samodzielnego i analitycznego identyfikowania zaistniałego problemu w przedsiębiorstwie. Wadą tej metody jest to, iż jej efekty są niewymierne, a problem rozwiązuje się na zasadzie dedukcji (WOLNIAK R., SKOTNICKA B. 2010).

2. Istota, zalety i wady Metody Wizualnej

Metodę wizualną uznajemy za podstawową metodę badawczą. Polega ona na sprawdzeniu nie uzbrojonym okiem lub z wykorzystaniem przyrządów optycznych czy w na powierzchni badanego obiektu występują niezgodności, a następnie na zmierzeniu ich charakterystycznych wymiarów. Oględziny często wymagają specjalistycznego wyposażenia, w zależności branży od typu produkcji i badanych wyrobów. Głównymi wymaganiami poprawnie przeprowadzonych oględzin są: odpowiednie kwalifikacje „dobry wzrok badającego, dostateczne natężenie światła i umiejętność wyróżnienia i interpretacji niezgodności. Badania wizualne z zasady powinny być przeprowadzone jako pierwsze w kolejności wykonywanych badań. Kolejnym aspektem jest wizualna kontrola jakości stosowana jest w celu zapewnienia odpowiedniej jakości wyrobów. Brak stabilności procesu produkcyjnego, powoduje iż metoda wizualna używana jest na wielu

etapach procesu produkcyjnego. W metodzie tej dominującą rolę pełnią ludzie i mimo swojej niedoskonałości i ryzyka że wady nie zostaną wykryte. Zmierzenie, oszacowanie lub sprawdzenie jednej lub kilku właściwości wyrobu, czy procesu, a następnie porównanie wyników z wymaganiami, ma na celu ocenienie, czy osiągnięto zgodność (HAMROL A. 2011). Najczęściej wymienione działania dotyczą wybranego aspektu jakości wyrobu lub procesu, uzyskanego w fazie powstawania, bądź eksploatacji wyrobu. Służą one porównaniu jakości wykonania z jakością projektową. Tego typu zadania kontrolne zwykle wykonywane są przez wyspecjalizowany personel, który posiada doświadczenie w produkcji badanego wyrobu. Najczęściej nie wchodzi w zakres obowiązków pracowników produkcyjnych, ale są branże produkcyjne gdzie metoda wizualna stosowana jest przez operatorów produkcji bezpośrednio obsługujących maszyny. Produkty niezgodne ze specyfikacjami są odrzucane lub przekazywane do poprawy (HAMROL A., MANTURA W. 2011). Powinna pojawić się informacja zwrotna od osoby która wykryła wadliwy wyrób do osób odpowiedzialnych za nastawy procesu produkcyjnego, w celu wykonania koniecznych korekt ustawienia maszyny. Częstą praktyką w produkcji masowej stosowany jest limit ilości wadliwych sztuk w kolejności jedna po drugiej wyznaczający moment w którym informacja zwrotna powinna być udzielona. Głównym celem wizualnej kontroli jakości jest odseparowanie wyrobów posiadających widoczne nieuzbrojonym okiem wady. Kontrolę jakości uznaje się za skuteczną, gdy eliminuje wszystkie wadliwe wyroby z kontrolowanej próby, bez błędnego odrzucenia wyrobu zgodnego.

Kontrola wizualna jest zaliczana do działań ekonomicznie opłacalnych nie wymaga wykorzystywania kosztownego sprzętu, jest także metodą nieniszczącą, czyli nie prowadzi do zużycia ocenianego obiektu. Korzystając z kontroli wzrokowej i jej mocnych stron, nie można zapominać o jej słabych stronach - jest często zawodna, nawet stuprocentowa kontrola nie gwarantuje poprawnej oceny. Metoda wizualna nie jest nowa ani rewolucyjna. Zauważyć jednak można, że pojęcie to skupia w sobie dobrze znane z literatury metody i umożliwia

ich wykorzystanie do efektywnego zarządzania procesem. Kontrolę wizualną można wykorzystać praktycznie w każdym rejonie przedsiębiorstwa, a co ważniejsze jest ona niemal bez kosztowa. Jej jedynym ograniczeniem jest ludzka wyobraźnia i racjonalność zastosowania jej w danym obszarze.

3. Metody kontroli jakości o szczególnym znaczeniu dla branży przetwórstwa tektury falistej

Materiały i wyroby z tektury falistej produkowane są z zarówno bielonych, jak i niebielonych naturalnych włókien celulozowych, pochodzących ze źródeł pierwotnych i wtórnych. Tektura może zawierać funkcjonalne środki pomocnicze i włókna syntetyczne, a także inne środki uszlachetniające oraz spoiwa polimerowe dla pigmentów organicznych i nieorganicznych. Kontrola jakości wykorzystująca kilka metod ma szczególne znaczenie w celu ustalenia, czy cechy produktu mogłyby zmienić się na tyle, aby powstała konieczność wprowadzenia krótko- lub długoterminowych zmian w procesie produkcji (DOBRE PRAKTYKI PRODUKCYJNE CEPI. 2010). Proces produkcji tektury falistej ze względu na swoją specyfikę wyróżnia dwie grupy metody kontroli. Pierwsza grupa to metody laboratoryjne, gdzie dokonywane są pomiary takie jak:

Gramatura - która jest masą arkusza tektury falistej o polu powierzchni równym 1 m². Podawana jest w [g/m²]. Pole arkusza próbki do wykonania oznaczenia powinno wynosić odpowiednio nie mniej niż 100cm² i nie więcej niż 1000 cm². Jest to jedna z podstawowych wielkości charakteryzujących parametry wytworów papierniczych (w tym tektury falistej). Zakres tolerancji gramatury wynosi $\pm 4\%$. Obecnie w dobie stosowania coraz bardziej różnorodnych papierów w celu określania jakości danej tektury wymaga się uzupełnienia specyfikacji tektury również innymi parametrami, jak np. ECT czy inne (PN-EN ISO 536:2011).

COBB - badanie to pozwala ocenić poziom wchłaniania wody przez papier lub tekturę. Masa wody, wchłonięta w określonym czasie przez

1 m² papieru lub tektury w określonych warunkach, równa jest absorpcji wody w jednostkach Cobb (ISO 535 , TAPPI T441).

Przepuklenie - określa maksymalne ciśnienie wytwarzane przez układ hydrauliczny, wypychający elastyczną okrągłą membranę sztywno zaciśniętą na obrzeżach próbki tektury, która to powoduje jej pęknięcie. Wytrzymałość na przepuklenie wyraża się w [kPa] (PN-EN ISO 2759:2005).

ECT - Badanie polega na określeniu wartości siły odniesionej do długości krawędzi próbki tektury, działającej równolegle do kierunku fali i powodującej załamanie próbki. Badanie ECT jest miarą odporności na działania sił równoległych do fali. Siły te mają kluczowe znaczenie podczas składowania pudeł w stosie. Rodzaj fali zasadniczo nie wpływa na ECT (PN-EN ISO 3037).

FCT - badanie polega na wywieraniu ciśnienia na zewnętrzne warstwy płaskie tektury falistej, powodującego trwałe zgniecenie fali. Wartość tego parametru zależy od rodzaju fali i jakości papieru użytego na warstwę pofalowaną. Pomiar nie czuły na zmiany grubości tektury spowodowane przerobem (PN-EN 23035).

Sztywność zginania oznaczana metodą 4-punktową - wyznacza moment oporu na jednostkę szerokości jaki wykazuje tektura falista przy zginaniu w granicach odkształcania sprężystego. Precyzyjnie wskazuje nawet niewielkie zgniecenie tektury niemożliwe do oznaczenia innymi metodami (PN-ISO 5628).

PET Odporność na przebicie. Oznaczenie tego parametru polega na pomiarze energii wymaganej do całkowitego przebicia próbki tektury głowicą , która powinna być ostrosłupem z trójkątem prostokątnym w podstawie. Metoda ta ma zastosowanie do wszystkich rodzajów tektury. Wytrzymałość na przebicie wyraża się w [J] (ISO 3036:1975).

Jednakże dla wszystkich powyższych metod kontroli potrzebne jest laboratorium. A w dzisiejszych czasach tektura falista ze względów ekonomicznych produkowana jest w systemie ciągłym i masowym. Co oznacza że kontroli tego procesu nie można rzetelnie wykonać tylko metodami laboratoryjnymi, toteż szczególne zastosowanie znalazła grupa

druga - Kontrola Wizualna. Dzięki której przeszkolony i doświadczony operator tekturnicy może stale nadzorować proces produkcji tektury falistej, podejmować odpowiednie kroki/zmiany nastaw maszyny w celu odpowiedniego doboru parametrów procesu dla uzyskania wyrobu gotowego spełniającego oczekiwania klienta.

4. Zastosowanie Metody wizualnej w celu kontroli procesu na przykładzie firmy Aquila Radomsko Sp. z o.o.

Aquila Radomsko Sp. z o.o. powstała w 2008 roku i należy do grupy VPK Packaging Group z siedzibą w Alst w Belgii. Spółka od samego początku zajmuje się produkcją i sprzedażą tektury falistej. Jej klientami są głównie producenci opakowań kartonowych z środkowej i południowej Polski.

Tektura falista jest obecnie głównym materiałem opakowaniowym do produkcji pudeł z zamknięciem czteroklapowym, tacek i pudeł paletowych. Opakowania te cechuje niewielka masa, duża trwałość, bardzo dobre zabezpieczenie towaru przed uszkodzeniem w czasie transportu i podczas składowania oraz wysoka estetyka. Z uwagi na to iż Aquila Radomsko specjalizuje się w produkcji wyłącznie tektury falistej, oraz jej masowy charakter spowodowały iż w przedsiębiorstwie wprowadzona dwa rodzaje kontroli. Pierwszy to laboratoryjny prowadzony s sposób tzw. wrywkowy, oraz Metodę Wizualną prowadzoną bezpośrednio przez operatorów obsługujący ciąg technologiczny zwany potocznie tekturnicą.

W przedsiębiorstwie Aquila mianem badania wizualnego określa się czynność umiejscowienia i oceny powierzchniowych cech jakości tektury falistej, takich jak: pęknięcia papierów pokryciowych, zniekształcenia powierzchni tektury, ogólny stan powierzchni, poprawność wymiarową formatów, rozmieszczenie tzw. bigów, przy użyciu ludzkiego nieuzbrojonego oka lub przyrządów optycznych i pomiarowych. Pełen cykl badań wizualnych składa się z pobrania próbki do badań bezpośrednio z ciągu technologicznego w odpowiednim miejscu, zapoznania się z próbką oraz wymaganiami jakościowymi,

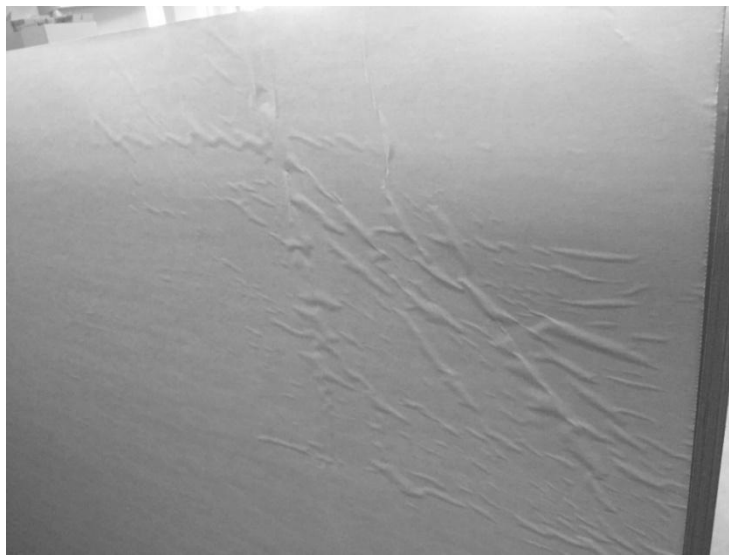
przygotowania próbki lub jej powierzchni do badań, doboru odpowiedniej metody/aparatury, przeprowadzenia badania oraz sporządzenia raportu. Duży zakres stosowalności techniki często niesie za sobą konieczność stosowania dodatkowego oprzyrządowania, takiego jak taśmy miernicze, noże, lupki, lusterka, ale również bardziej zaawansowane technologicznie takie jak: źródła promieniowania widzialnego i ultrafioletowego, mierniki natężenia promieniowania widzialnego i ultrafioletowego, systemy zobrazowania wyników (kamery, aparaty fotograficzne), zestawy komputerowe do rejestracji i sporządzania raportów. Celem badań jest głównie ocena stanu jakości produkowanej tektury, a przede wszystkim jej powierzchni, kontrola odchyłek wymiarów, połączeń klejowych, zanieczyszczenia powierzchni. Badania wizualne tektury falistej są to badania prowadzone na powierzchniach dostępnych bezpośrednio do badań. Prowadzone są głównie okiem nieuzbrojonym.

W przedsiębiorstwie Aquila Radomsko wykonuje się cztery podstawowe kontrole wizualne tektury falistej bezpośrednio przez operatorów ciągu technologicznego. Kontrole te wykonywane zgodnie z procedurą wewnętrzną firmy do każdego zlecenia produkcyjnego. Pierwsza kontrola wizualna to płaskość leżenia, maksymalne dopuszczalne odchylenie 4% w stosunku do długości boku na którym występuje. Sposób pomiaru prezentuje rysunek 1.

Kolejną kontrolą jest ocena powierzchni tektury, na wady takie jak pęcherze, marszczenia. Wady takie prezentuje rysunek 2.

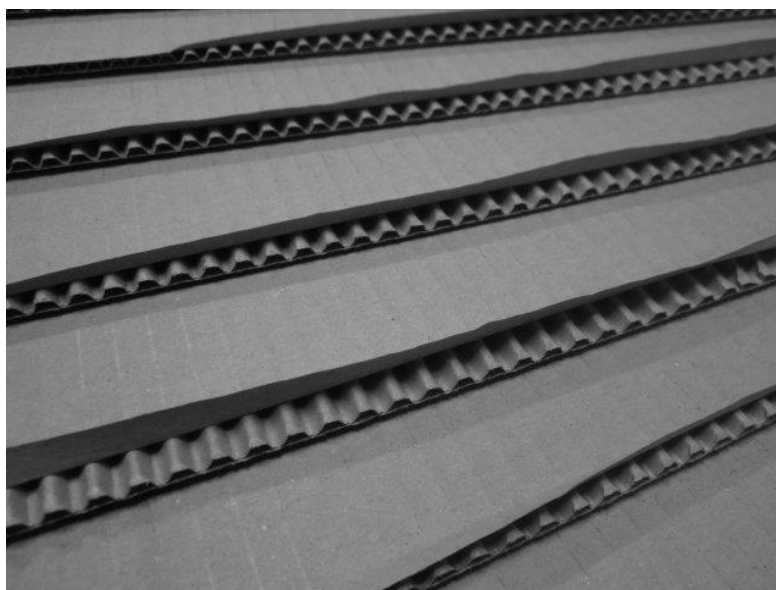


Rys. 1. Arkusz podczas pomiaru płaskości leżenia arkusza tektury
Źródło: opracowanie własne



Rys. 2. Arkusz z wadami podczas kontroli wad powierzchniowych
Źródło: opracowanie własne

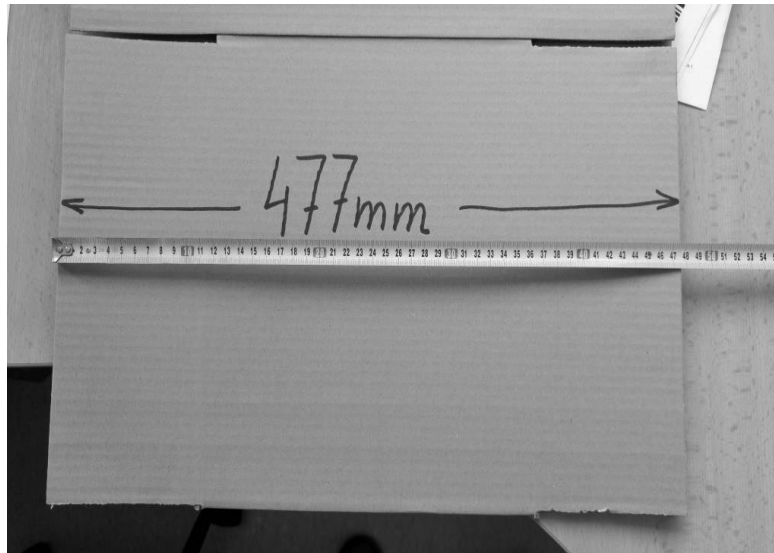
Następną kontrolą wizualną dokonywaną przez operatora jest poprawność sklejenia, czyli właściwego połączenia warstw papieru, co prezentuje rysunek 3.



Rys. 3. Kontrola poprawności sklejenia warstw papieru widok arkuszy z niedoklejonym do końca papierem pokryciowym

Źródło: opracowanie własne

Przy pomocy taśmy mierniczej operator kontroluje zgodność wymiarów ze zleceniem dla których dopuszczalna odchyłka wynosi +/- 2mm. Sposób pomiaru prezentuje rysunek 4.



Rys. 4. Kontrola poprawności wymiarów, widok arkusza podczas kontroli
Źródło: opracowanie własne

5. Podsumowanie

Kontrola wizualna mimo wielu oczywistych niedokładności takich jak: subiektywność oceny danego pracownika, lub typowo ludzkich ułomności jak wada wzroku pozostaje wciąż jedną z podstawowych kontroli produktu i procesu produkcyjnego. Szczególnie w tych gałęziach przemysłu gdzie jakość wyrobu gotowego uzależniona jest od warunków panujących w hali produkcyjnej, czyli zmienia się z porą roku, temperaturą, wilgotnością. Wszystko to powoduje że proces produkcji musi być poddawany szeregom ciągłych regulacji, a produkt ciągle kontrolowany. Jeżeli wszystko to nałożymy na produkcje masową wtedy jedynym rozsądnym i ekonomicznym rozwiązaniem pozostaje metoda kontroli wizualnej.

LITERATURA:

1. AHSEN A. 2008, *Cost oriented failure mode and effects analysis*, "International Journal of Quality & Reliability Management" vol. 25.
2. AUTOMOTIVE CERTIFICATION SCHEME FOR ISO/TS 16949:2009, *Rules for Achieving IATF Recognition*, "AIAG", 3rd edition.
3. BABICA, M., PAJAK, E. 2006, *Koncepcja metody eliminacji niezgodności w procesach produkcyjnych*, Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej, Budowa Maszyn i Zarządzanie Produkcją, nr 3.
4. BAMFORD, D. R., GREATBANKS, R. W. 2005, *The use of quality management tools and techniques: a study of application in everyday situations*. "International Journal of Quality & Reliability Management", vol. 22, no. 4.
5. CYFERT S., 2006, *Strategiczne doskonalenie architektury procesów w zarządzaniu przedsiębiorstwem*, AE, Poznań.
6. DOBRE PRAKTYKI PRODUKCYJNE CEPI w zakresie wytwarzania papieru i tektury 2010.
7. EBENZER A., DARADASN S. R. 2011, *Total failure mode and effects analysis in tea industry, A theoretical treatise*. "Total Quality Management & Business Excellence", Vol 22.
8. HAMROL A., MANTURA W. 2011, *Zarządzanie jakością. Teoria i praktyka*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
9. HAMROL A. 2011, *Zarządzanie jakością z przykładami*, PWN, Warszawa.
10. HAMROL A., KOWALIK D. 2002, *FMEA w doskonaleniu procesów z dominującym udziałem człowieka*, Zeszyty Naukowe Politechnik Śląskiej, nr 12.
11. HUBER Z. 2007, *Analiza FMEA procesu*, Złote Myśli, Wydanie 2.
12. ISO 3036:1975 Board, Determination of puncture resistance
13. ISO 535 , TAPPI T441 Cobb water absorption test
14. ISO/TS 16949:2009, Quality management systems, Particular requirements for the application of ISO 9001:2008 for automotive production and relevant service part organizations
15. JANKOWSKI S. 2005, *Tektura falista*, Opakowanie numer 7.
16. PAWLAK J. 2001, *Koszty a efektywność w firmie zarządzanej przez jakość*, Problemy Jakości, nr 1.
17. POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS, 4th ed., AIAG, 2008
18. PN-EN ISO 22000:2006 System zarządzania bezpieczeństwem żywności, PKN, Warszawa.
19. PN-EN 23035 Tektura falista dwuwarstwowa i trójwarstwowa, Oznaczanie odporności na zgniatanie płaskie.

20. PN-EN ISO 2759:2005 Tektura, Oznaczanie wytrzymałości na przepuklenie.
21. PN-EN ISO 3037 Tektura falista, Oznaczanie odporności na zginięcie krawędziowe (metoda nieparafinowanej krawędzi).
22. PN-EN ISO 536:2011 Papier i tektura, Oznaczanie gramatury.
23. PN-ISO 5628 Papier i tektura, Oznaczanie sztywności przy zginaniu metodami statycznymi, Zasady ogólne.
24. RICH N., BATEMAN N., ESAIN L., MASSEY L., SAMUEL D. 2006, *Lean Evolution Lessons from the Workplace*, Cambridge University Press, New York.
25. SĘP J., PERŁOWSKI R., PACANA A. 2006, *Techniki wspomagania zarządzania jakością*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów.
26. ŚLIWCZYŃSKI B. 2008, *Controlling in supply chain – tool for process integration*, „LogForum”, Vol. 4.
27. WOLNIAK R., SKOTNICKA B. 2010, *Metody i narzędzia zarządzania jakością: teoria i praktyka*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
28. ZASADZIEN M. 2011, *Analiza wadliwości wyrobu z wykorzystaniem narzędzi zarządzania jakością*. [w:] *Komputerowe Zintegrowane Zarządzanie* [red.] R. Knosala. Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole.