

**voestalpine**

## **Projekt zarządzania jakością wykorzystujący *STATISTICA Data Miner* przynosi w *voestalpine* roczne oszczędności w wysokości 800 000 EUR**

Przemysł samochodowy stawia najwyższe wymagania jakościowe w stosunku do dostarczanych wyrobów stalowych (jakość ich powierzchni). Wady powierzchni walcowanej znacząco wpływają na dalsze procesy obróbki i w związku z tym mogą prowadzić do odrzucenia i złomowania całych kręgów. Suma kosztów spowodowanych występowaniem wad powierzchniowych podczas procesu walcowania kształtowała się w przeszłości na poziomie ok. 1 mln EUR rocznie.

Celem zapewnienia jakości było opracowanie modelu warunków produkcji prognozującego występowanie wad powierzchni. Na tej podstawie można określić, które parametry procesu produkcyjnego wpływają na występowanie wad i w ten sposób próbować ograniczyć ich występowanie. Zawansowane metody matematyczne, analizy wielowymiarowe oraz wspólne rozpatrywanie różnych procesów produkcyjnych ostatecznie doprowadziło do sukcesu i zmniejszenia kosztów występowania wad o 80%.

### **Charakterystyka produkcji**

W fabryce w Linz - oddziale *voestalpine Division STAHL* rocznie przerabia się około 5,5 mln ton stali surowej do postaci kęsisk płaskich. Aby z tego materiału (długości 12 m, szerokości 1600 mm i 225 mm grubości, o masie 30 t) otrzymać blachy wykorzystywane w przemyśle samochodowym, należy go poddać procesowi walcowania, podczas którego uzyskuje się blachę o żądanej grubości. Podczas walcowania na gorąco mogą powstawać wady powierzchni: tworzą się różne warstwy tlenków, innymi słowy: wadliwe warstwy na powierzchni stali. Wadliwa warstwa na powierzchni taśmy stalowej jest wwalcowywana w podstawowy surowiec. Uszkodzenia te nazywa się wadami powierzchni walcowanej. Niewielkie wady pasma stali można usunąć w procesie wytrawiania.

Rysunek 1 pokazuje schematyczny układ szerokiego taśmociągu walcowania na gorąco, na które składa się seria złożonych procesów.

# Sukcesy użytkowników **STATISTICA**<sup>®</sup>

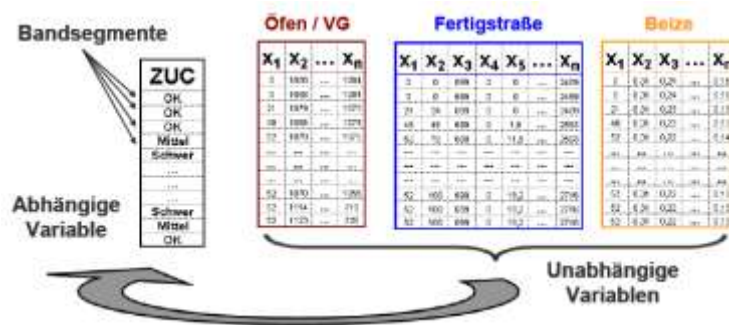


Rysunek 1. Schematyczny układ taśmociągu walcowania na gorąco.

"Kombinacja STATISTICA Data Miner i własnego oprogramowania do analizy danych pozwoliła nam poznać i modelować złożone zależności (związki) całego procesu produkcyjnego, wykorzystując terabajty danych. Nie byłoby to możliwe z użyciem tradycyjnych metoda Six Sigma."  
JürgenZeindl, manager

Kęsisko płaskie (12m długości, 200mm grubości) jest podgrzewane do temperatury ok. 1200°C. W klatce wstępnej kęsisko jest walcowane do pasma o wymiarach 60m długości i 40mm grubości. Następnie pasmo jest walcowane nieprzerwanie w zespole wykańczającym walcowni do żądanych ostatecznych rozmiarów. Gotowe pasmo, o wymiarach 1600m długości i 1,5 mm grubości, jest ostatecznie chłodzone do temperatury między 550 a 740°C i zwijane w krąg. W zespole wykańczającym walcowni pasmo jest sprawdzane przy pomocy odpowiedniego urządzenia do kontroli powierzchniowej. Za pomocą tego urządzenia możliwe jest wykrywanie wad powierzchni oraz ocena jakości taśmy stalowej.

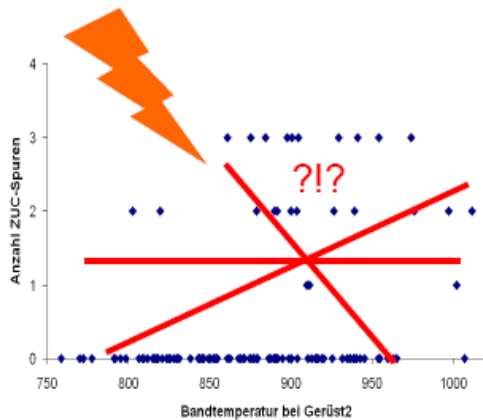
W fabryce rejestruje się setki parametrów procesu i mierzy miliony wartości dziennie i są one przechowywane w odpowiednich bazach danych. Rozmiar centralnej hurtowni danych zawierającej kompletne informacje z procesowych baz danych wynosi aktualnie kilka terabajtów.



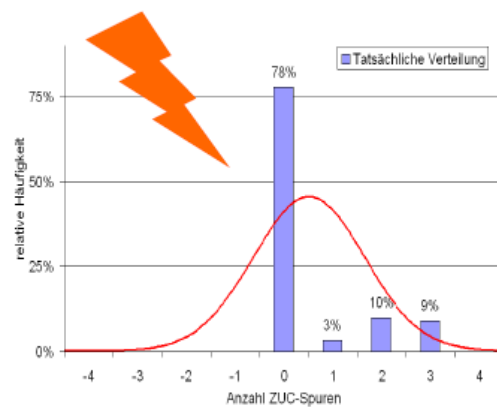
Rysunek 2. Zawartość bazy danych procesowych.

### Zadanie analityczne

Pierwszym zadaniem było ustalenie, od jakich parametrów procesu zależy powstawanie wad powierzchni walcowanej (ZUC). Do uzyskania tej informacji wykorzystano techniki data mining, gdyż tradycyjne metody statystyczne nie sprawdzają się w przypadku poszukiwania złożonych związków pomiędzy parametrami produkcji a wadami powierzchni (w przypadku współczynnika korelacji Pearsona są pewne założenia, które spełniane są tylko w szczególnych przypadkach, należą do nich założenie rozkładu normalnego i liniowości, natomiast korelacja rang Spearmana dostarcza często niewystarczających informacji oraz wymaganych ściśle jednostajnych zależności).



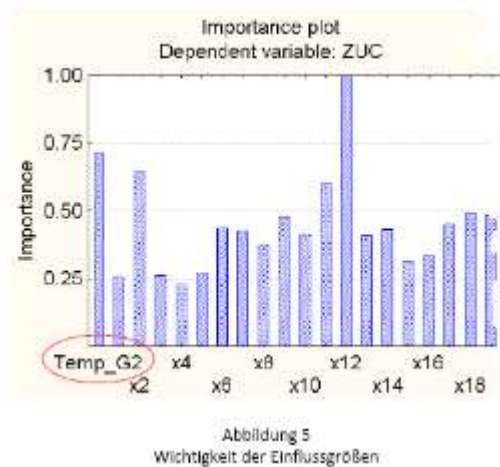
Rysunek 3. Liczba wad powierzchni walcowanej przy różnych temperaturach taśmy.



Rysunek 4. Liczba wad powierzchni walcowanej nie ma rozkładu normalnego.

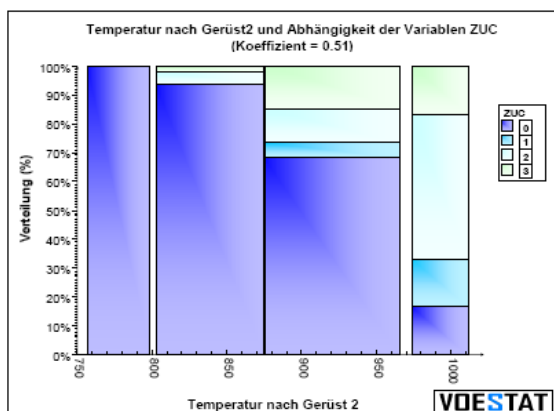
Na rysunku 3 na osi X przedstawiono temperaturę pasma w klatce walcowniczej 2, a na rzędnej liczbę kolejnych wad powierzchni walcowanej – widać tutaj, że założenie liniowości jest wyraźnie naruszone. Dodatkowo na rys. 4 wyraźnie widać, że zmienna „liczba wad” na pewno nie ma rozkładu normalnego – znacząco różni się od krzywej Gaussa (zaznaczonej na czerwono). Gdybyśmy dla tych danych wykonali analizę regresji, to współczynnik korelacji wykazałby zaledwie 5% zależności pomiędzy liczbą wad a temperaturą w klatce walcowniczej 2. Taka analiza wykazałaby, że temperatura nie ma istotnego wpływu na powstawanie wad powierzchni walcowanej.

Do realizacji zadań analitycznych w fabryce voestalpine wykorzystywane są m.in. dwa narzędzia: *STATISTICA Data Miner* oraz [STATISTICA Process Optimization \(QC Miner\)](#).



Rysunek 5 pokazuje wyniki drzew decyzyjnych *STATISTICA*. Temperaturę taśm stalowych w klatce walcowniczej 2 (Temp\_G2) uznaje się za bardzo ważną – w odniesieniu do wad powierzchni walcowanej (ZUC).

Rysunek 5. Istotność czynników

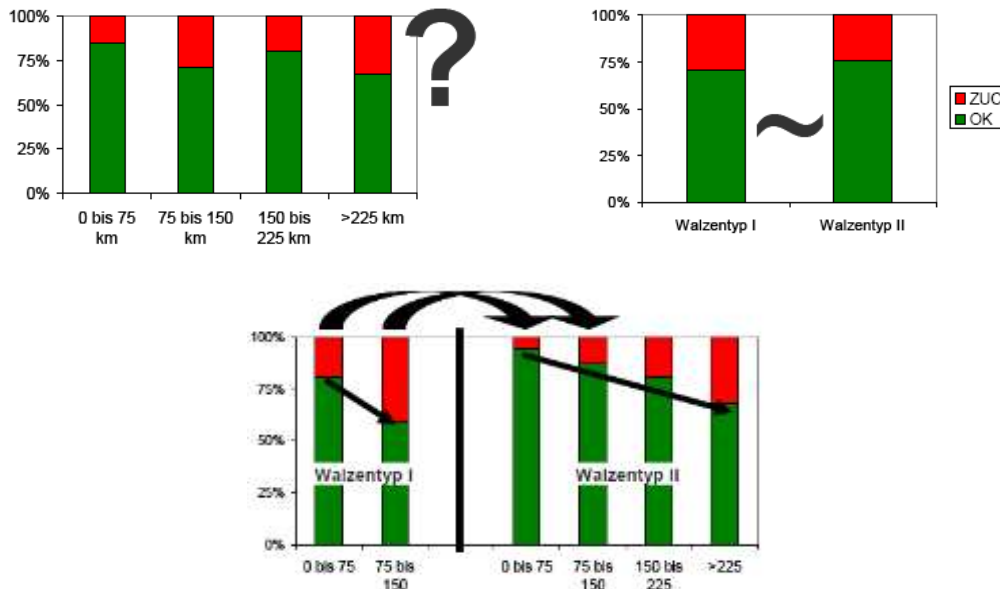


Sąsiedni rysunek zawiera informacje uzyskane za pomocą własnych narzędzi *voestalpine*, które wyznaczyły współczynnik (0,51) ~ 51%, co oznacza, że temperatura taśm w klatce walcowniczej 2 ma duży wpływ na powstawanie wad powierzchni – inaczej mówiąc: wady powierzchni w 50% zależą od termicznego trybu pracy (tryb pracy temperatury). Zastosowanie podstawowych technik statystycznych wykazałoby błędnie pięcioprocentowy wpływ temperatury na liczbę wad.

Rysunek 6. Zależność temperatury i wad powierzchni walcowanej (ZUC)

Aby rzeczywiście prognozować występowanie wad powierzchni walcowanej i zapobiegać ich występowaniu, istotne są dodatkowe obserwacje wielowymiarowe. Dotychczas rozważane zadanie było jednowymiarowe: od jakich parametrów procesu zależą wady powierzchni walcowanej? Odpowiednia analiza wielowymiarowa pozwoli uzyskać informacje dodatkowe: od jakich kombinacji parametrów procesu zależy występowanie wad powierzchni walcowanej?

Przykład w zakresie występowania wad powierzchni walcowanej:



Rysunek 7a,b,c. Wpływ okresu użytkowania i typu walcowania na wady powierzchni walcowanej (ZUC)

Rysunek 7a pokazuje, że branie pod uwagę samego okresu użytkowania walca nie ma wyraźnego wpływu na występowanie wad powierzchni walcowanej (ZUC). Różne typy walcowania również nie mają znaczącego wpływu (rysunek 7b). Rysunek 7c pokazuje kombinację (połączenie) obu. Podczas równoczesnego badania obu zmiennych można zobaczyć, że okres użytkowania i typ walcowania mają łącznie duży wpływ na występowanie wady powierzchni walcowanej, a wyniki uzyskane metodą największej wiarygodności w *STATISTICA* potwierdzają tę zależność. Wyznaczono, że prawdopodobieństwo wystąpienia wad powierzchni walcowanej w 40% zależy od interakcji okresu użytkowania i typu walcowania, przy czym możliwe to było tylko dzięki oprogramowaniu *STATISTICA*, które umożliwia odnalezienie zależności pomiędzy ogromnymi ilościami parametrów.

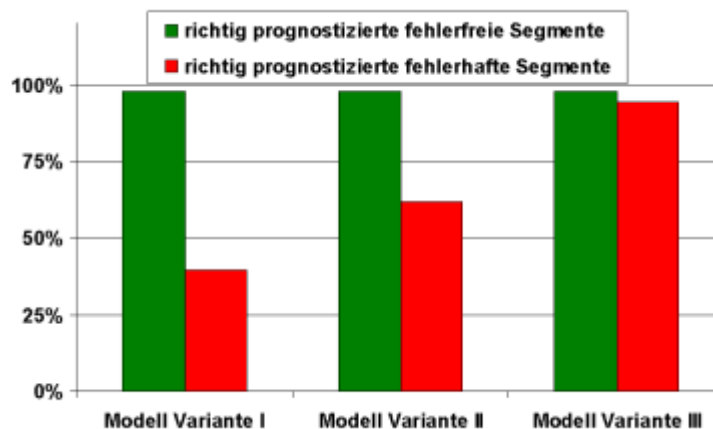


*STATISTICA* i *voestat* odkryły 34 znaczące korelacje pomiędzy badanymi parametrami. Bazując na tej informacji, zbudowano w *STATISTICA* model prognostyczny, wykorzystując moduł *Uogólnione modele liniowe* (rysunek 8). Skuteczność modelu jest bardzo wysoka, pozwala na poprawne prognozowanie występowania 95% wad powierzchni. Otrzymane na podstawie modeli optymalne wartości parametrów zostały wdrożone bezpośrednio w procesie produkcji.

**Indywidualne rozpatrywanie za pomocą procedur statystycznych a zintegrowane modelowanie procesu**

Rysunek 9 jeszcze raz wykazuje znaczenie wykorzystania zaawansowanych modeli matematycznych i złożonych sposobów rozpatrywania różnych parametrów procesu, a także całych procesów. Takie podejście zostało nazwane *Six Sigma voestalpine*.

Nie chodzi o to, że Six Sigma i jej pięć etapów jest nieprzydatne, ale w przypadku problemów występujących w *voestalpine* metodyka Six Sigma opiera się na niewystarczających metodach statystycznych, gdyż rozpatruje poszczególne procesy osobno i z założenia ma ograniczony jednozmienny charakter.



Rysunek 9. Modele opierające się na zależnościach, które są identyfikowane przy pomocy:

*Wariant I: metod statystycznych*

*Wariant II: wyższych – jednozmiennych – procedur statystycznych*

*Wariant III: wyższych – jedno- i wielowymiarowych procedur statystycznych*

Zastosowanie prostych metod statystycznych nie przyniosłoby znaczącej redukcji kosztów występowania wad, a dzięki zastosowanym modelom wielowymiarowym zmniejszono te koszty o 80% – odpowiada to rocznym oszczędnościom w wysokości 800 000 euro.

