

NADZOROWANIE ZLECEŃ W ZAUTOMATYZOWANYM SYSTEMIE WYTWARZANIA

W pracy przedstawiono moduł nadzorowania zleceń w Otwartym Systemie Sterowania Wytwarzaniem, oparty na pakiecie Wonderware® InTrack™. Krótko opisano jego rolę oraz zasady współdziałania z pozostałymi komponentami systemu. Pokazano sposób tworzenia interfejsu użytkownika pakietu InTrack, wykorzystujący technologie ActiveX i OLE Automation. Przykładem takiego interfejsu jest zaprezentowany w pracy program NADZORCA.

ORDERS SUPERVISION IN AUTOMATED MANUFACTURING SYSTEM

The paper presents orders supervision module in Open Manufacturing Control System. The module is based on Wonderware® InTrack™ package. Its role and cooperation with other components of the system is briefly described. The methods of creation of the InTrack's user interface, based upon ActiveX and OLE Automation technologies is showed. The SUPERVISOR application is presented as an example of such interface.

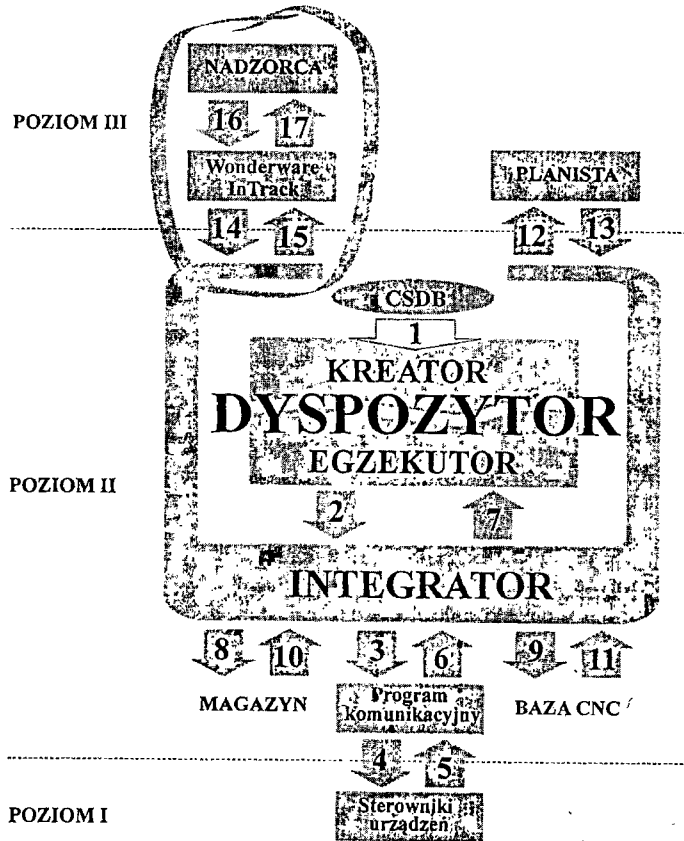
1. WPROWADZENIE

W systemach sterowania przepływem produkcji można wyodrębnić cztery poziomy:

- Poziom I (najniższy) – sterowanie urządzeniami, realizowane zazwyczaj za pomocą sterowników programowalnych (PLC, RC, CNC).
- Poziom II (operacyjny) – sterowanie procesem wytwarzania, w prezentowanym tutaj układzie realizowane w oparciu o przekształcany w czasie rzeczywistym model systemu produkcyjnego.
- Poziom III (taktyczny) – planowanie i nadzorowanie procesu wytwarzania (ang. *Manufacturing Execution Systems – MES*).
- Poziom IV (strategiczny) – zarządzanie przedsiębiorstwem (ang. *Enterprise Resource Planning – ERP*).

Praca niniejsza dotyczy trzech niższych poziomów, a konkretnie komputerowego układu sterowania przepływem produkcji w zautomatyzowanych systemach wytwarzania, realizowanego przez *Otwarty System Sterowania Wytwarzaniem*, który w skrócie będzie nazywany akronimem OMC (ang. *Open Manufacturing Control*). System OMC, będący w istocie zbiorem współdziałających w środowisku sieciowym aplikacji przeznaczonych dla systemu Windows NT (jego strukturę przedstawiono na rys. 1), jest znamienny tym, że bazuje na oryginalnym dyskretnym modelu systemu wytwarzania, przetwarzanym współbieżnie z realizowanym procesem produkcyjnym. Model ten, tzw. model A/E (ang. *Activities/Elements model*) [1], jest tworzony algorytmicznie przez KREATORA (będącego modulem programu DYSPOZYTOR, głównego decydenta w systemie OMC) na podstawie (strzałka 1) bazy

danych o składzie i strukturze systemu wytwarzania, nazwanej *CSDB* (ang. *Completion and Structure Database*). Model A/E, przetwarzany przez moduł EGZEKUTOR, specyfikuje wszystkie czynności, które można w danym momencie wykonać [4] (jeśli takie istnieją). Wybraną czynność EGZEKUTOR zleca do wykonania, wysyłając jej nazwę poprzez sieć Ethernet do INTEGRATORA (strzałka 2). INTEGRATOR, pełniący rolę uniwersalnego, konfigurowalnego interfejsu pomiędzy aplikacjami, przygotowuje właściwy danej czynności blok danych, "zrozumiałych" dla sterownika, który ją realizuje, i wysyła go do tego sterownika bezpośrednio lub poprzez odpowiedni program komunikacyjny (strzałki 3 i 4). W razie potrzeby wykorzystywane są aplikacje pomocnicze (MAGAZYN, BAZA CNC). Po zakończeniu zleconej czynności EGZEKUTOR, za pośrednictwem INTEGRATORA, odbiera potwierdzenie jej zakończenia (strzałki 5, 6, 7), po czym wykonuje stosowne przekształcenia modelu A/E.



Rys. 1. Struktura systemu OMC

Na poziomie taktycznym zastosowano w systemie OMC program InTrack z pakietu FactorySuite firmy Wonderware, który jest jednym z najnowszych przykładów oprogramowania do zarządzania produkcją, dla komputerów klasy PC, i umożliwia m. in. śledzenie przepływu partii produkcyjnych, monitorowanie pracy maszyn, nadzorowanie stanów magazynowych itd. DYSPOZYTOR, główny komponent systemu OMC, współpracuje z nim (poprzez INTEGRATORA), przyjmując zlecenia do wykonania

(strzałka 14) oraz informując o przebiegu procesu produkcyjnego (strzałka 15). Sposób powiązania DYSPOZYTORA z programem InTrack (za pomocą opracowanej biblioteki *InTrackLib.dll*) i przebieg tej współpracy opisano w pracy [2].

Z bazy danych programu InTrack korzysta także PLANISTA [3], który pobiera z niej informacje o zamówieniach (strzałka 12), a po sporządzeniu planu produkcyjnego przypisuje właściwym zleceniom atrybut „DO_REALIZACJI” (strzałka 13).

Niniejsza praca dotyczy modułu NADZORCA (zaznaczony na rys. 1), który jest aplikacją użytkownika programu InTrack, umożliwiającą dostęp do jego bazy danych, tzn.: wprowadzanie i usuwanie zleceń, podgląd zawartości, pozwalający na śledzenie przebiegu produkcji, oraz wykonywanie - w razie potrzeby - pewnych operacji „ręcznych”, modyfikujących zawartość bazy.

2. INTERFEJS PROGRAMISTYCZNY DO TWORZENIA APLIKACJI UŻYTKOWNIKA PROGRAMU InTrack

Interfejs programistyczny umożliwiający tworzenie aplikacji użytkownika programu InTrack, który zostanie najpierw zaprezentowany, jest oparty na mechanizmie *OLE Automation*, będącym obecnie niekwestionowanym standardem w zakresie wymiany informacji i szeroko pojętej współpracy między aplikacjami systemu Windows. InTrack jest *serwerem* OLE Automation. Oznacza to, że udostępnia on innym aplikacjom (klientom) swoje obiekty i funkcje. Dostępne są wszystkie obiekty strukturalne występujące w bazie danych programu InTrack oraz funkcje przeznaczone do zarządzania tą bazą (np. do łączenia się, rozłączania, logowania i wylogowywania użytkownika).

Ponadto program InTrack daje do dyspozycji zestaw użytecznych kontroltek *ActiveX*. Szczególnie przydatną jest kontrolka *ITSelector*, będąca tabelą (*ang. grid*), umożliwiającą podgląd zawartości bazy danych. *ITSelector* może być skonfigurowany na różne sposoby. Użytkownik może określać rodzaj wyświetlanych danych; prezentowane mogą być np. zestawienia: partii w trakcie produkcji, partii materiałów znajdujących się w magazynach, materiałów nie przechowywanych w partiach, a znajdujących się w magazynach, oraz zestawienia maszyn i ich stanów. W każdym przypadku *ITSelector* może być konfigurowany w zakresie szczegółowości pokazywanych danych. Możliwy jest np. wybór kolumn, które będą pokazane. Można także wprowadzić dodatkowe filtrowanie prezentowanych danych według określonych kryteriów.

Przyjęta koncepcja interfejsu programistycznego sprawia, że oprogramowanie InTrack jest otwarte na stosowanie rozmaitych środowisk do projektowania aplikacji użytkownika. Stosunkowo największą wygodę zapewnia język Microsoft Visual Basic 6.0, szczególnie przystosowany do korzystania z technologii OLE Automation oraz kontroltek *ActiveX*. Dla zilustrowania prostoty postępowania przy tworzeniu stosownych aplikacji przedstawiono poniżej fragment programu. Jego wynikiem jest zalogowanie użytkownika do bazy danych i wykreowanie nowej partii wyrobów, która będzie rejestrowana w systemie.

```
Public InDB As Object           ' deklaracje zmiennych
Dim PrQuantity As Object
Dim SecQuantity As Object
Dim Term As Object
Dim LotObj As Object

Set InDB = CreateObject("InTrack.Database") ' tworzenie obiektu OLE
InDB.Connect "uzytkownik","haslo"          ' reprezentującego bazę danych
                                           ' połączenie z bazą danych,
```

```

Set PrQuantity = CreateObject("InTrack.Amount") 'tworzenie obiektów
                                                    'pomocniczych opisujących
Set SecQuantity = CreateObject("InTrack.Amount") 'liczebność partii
Set Term = CreateObject("InTrack.DateTime") 'tworzenie obiektów
                                                    'reprezentujących termin
Set LotObj = CreateObject("InTrack.Lot") 'realizacji oraz samą partię
Term.Year = 2000 'ustalenie terminu realizacji zlecenia
Term.Month = 12
Term.Day = 1
PrQuantity.Quantity = 40 'definiowanie liczebności partii
SecQuantity.Quantity = 0 'liczebność pomocnicza (opcjonalna - np.
                        'definiowana w innych jednostkach)
LotObj.LotKey = "partial" 'określanie nazwy partii dla zlecenia
LotObj.Create "partial@marszruta[1]:1", "Produkt[1]", PrQuantity,
            SecQuantity, 1, "", "", "", Term 'tworzenie partii

```

Należy podkreślić, że aplikacje użytkownika mogą być z równym powodzeniem tworzone w innych językach programowania. Dla przykładu, biblioteka *InTrackLib.dll*, wykorzystywana przez program INTEGRATOR, została napisana w języku Visual C++ 6.0.

3. PROGRAM NADZORCA

Program NADZORCA jest aplikacją napisaną w języku Visual Basic 6.0, wykorzystującą interfejs programistyczny pakietu InTrack. Garnitur funkcji i opcji, do których użytkownik programu ma dostęp, uzależniony jest od uprawnień przyznanych temu użytkownikowi przez projektanta lub administratora systemu (logowanie się użytkownika do bazy danych następuje podczas uruchamiania programu). W przypadku, gdy zalogowany użytkownik nie posiada uprawnień do wykonania określonej operacji, przycisk jej odpowiadający jest nieaktywny.

W głównym oknie programu NADZORCA znajdują się cztery zakładki grupujące poszczególne operacje, które operator może wykonywać. Każda zakładka odpowiada jednemu modułowi funkcjonalnemu bazy danych pakietu InTrack. Są to następujące moduły:

- Partie w toku (wprowadzanie zleceń oraz nadzorowanie przebiegu produkcji),
- Magazyn typu Lot (zarządzanie magazynem materiałów przechowywanych w partiach),
- Magazyn typu Bulk (zarządzanie magazynem materiałów przechowywanych hurtowo),
- Maszyny (zarządzanie maszynami pracującymi w systemie).

Na każdej z zakładek znajduje się podgląd zawartości bazy danych w postaci tabeli. Wykorzystywana jest tutaj wcześniej opisana standardowa kontrolka ActiveX – ITSelector. W dolnej części zakładek umieszczony jest zbiór przycisków odpowiadających wszystkim operacjom, które może wykonać aktualnie zalogowany operator w danym module.

Na zakładce „Partie w toku” dostępny jest przegląd wszystkich partii produkcyjnych w systemie wytwarzania. Dla każdej partii podana jest informacja o jej liczebności, aktualnym położeniu w systemie, aktualnym stanie (oczekiwanie na rozpoczęcie operacji, operacja w toku, partia wstrzymana itp.). W module tym można wykonać następujące operacje:

- „Wprowadzenie zlecenia” – wprowadzenie do bazy danych nowej partii wyrobów i umieszczenie jej na początku wybranej marszruty (jest to po prostu wprowadzenie nowego zlecenia do bazy danych);
- „Rozpoczęcie operacji” – rozpoczęcie wykonywania operacji technologicznej, do której przygotowana jest wybrana partia;
- „Pobranie surowców” – pobranie z magazynu i zużycie niezbędnych na aktualnym etapie produkcji półfabrykatów;
- „Zakończenie operacji” – zakończenie wykonywania operacji technologicznej, której aktualnie podlega wybrana partia;

- „Zakończenie produkcji” – zamknięcie marszruty technologicznej przez zakończenie realizacji ostatniej operacji technologicznej tej marszruty (w efekcie powstaje partia gotowego produktu, która jest umieszczana w magazynie);
- „Wielkość partii” – zmiana liczebności wybranej partii;
- „Przeniesienie partii” – przeniesienie partii z jednej lokalizacji do innej;
- „Połączenie partii” – połączenie dwóch partii tego samego materiału w jedną;
- „Podzielenie partii” – podział partii na dwie mniejsze;
- „Informacje o partii” – wyświetlenie szczegółowych informacji o partii.
- „Wyświetlenie instrukcji” – wyświetlenie instrukcji roboczych zdefiniowanych w bazie danych dla określonej operacji (NADZORCA może również automatycznie wyświetlać instrukcje robocze we właściwych momentach);
- „Zbieranie danych” – jeżeli dla operacji w bazie danych zdefiniowane są szablony danych do zebrania z procesu produkcyjnego, tu możliwe jest ich wprowadzenie;

Na zakładce „Magazyn typu Lot” dostępny jest przegląd wszystkich partii materiałowych w magazynach systemu wytwarzania. Widoczne są tu wszystkie partie surowców, ale także partie gotowych wyrobów. Dla każdej partii podana jest m.in. informacja o jej liczebności oraz aktualnym położeniu (lokalizacji). W module tym można wykonać następujące operacje:

- „Nowa partia” – wprowadzenie do bazy danych nowej partii materiałowej i umieszczenie jej w wybranej lokalizacji (odpowiada to dostarczeniu materiału do systemu);
- „Przeniesienie partii” – przeniesienie partii z jednej lokalizacji do innej;
- „Wysłanie partii” – usunięcie partii z systemu (odpowiada to wysłaniu partii gotowych wyrobów do odbiorcy);
- „Połączenie partii” – połączenie dwóch partii tego samego materiału w jedną;
- „Podzielenie partii” – podział partii na dwie mniejsze;
- „Wielkość partii” – zmiana liczebności partii;

Na zakładce „Magazyn typu Bulk” dostępny jest przegląd wszystkich materiałów, które nie są przechowywane w partiach. Dla każdego materiału podana jest m.in. informacja o jego ilości oraz o aktualnym położeniu (lokalizacji). W module tym można wykonać następujące operacje:

- „Dostawa materiału” – wprowadzenie do bazy danych materiału i umieszczenie go w wybranej lokalizacji, co odpowiada dostarczeniu materiału do systemu (można oczywiście dostarczyć dodatkową ilość materiału, który już znajduje się w magazynie);
- „Przeniesienie materiału” – przeniesienie materiału z jednej lokalizacji do innej;
- „Wysłanie materiału” – usunięcie określonej ilości materiału z systemu (odpowiada to wysłaniu materiału, np. produktu ubocznego, do odbiorcy);
- „Ilość materiału” – zmiana ilości wybranego materiału w magazynie;

Na zakładce „Maszyny” dostępny jest przegląd wszystkich maszyn. Dla każdej maszyny podana jest informacja o jej stanie (np. czy maszyna jest włączona, jaka operacja lub zadanie diagnostyczne się na niej odbywa). W module tym można wykonać następujące operacje:

- „Zadania diagnostyczne” – rozpoczynanie i kończenie zadań diagnostycznych dla wybranej maszyny;
- „Naprawy” – zarządzanie naprawami wybranej maszyny;
- „Stan maszyny” – włączanie i wyłączanie wybranej maszyny;

Ponadto na każdej zakładce dostępne są przyciski „Wycofanie operacji” (umożliwiający cofnięcie ostatniej operacji) oraz „Komentarz” (umożliwiający dopisanie komentarza).

Podgląd zawartości bazy danych w każdym module jest automatycznie aktualizowany (co zadany okres czasu). Każdej operacji przyporządkowane jest odpowiednie okno dialogowe, w którym operator określa jej parametry.

Większość operacji, które operator może wykonać w programie NADZORCA, zwykle realizowana jest automatycznie. W przypadku systemu OMC jest to efektem pracy programu DYSPOZYTOR. Jak to opisano powyżej, DYSPOZYTOR przetwarza model A/E i steruje pracą systemu, jednocześnie wykonując odpowiednie przekształcenia w bazie danych pakietu InTrack. W takim przypadku NADZORCA wykorzystywany jest tylko do wprowadzania zleceń oraz przeglądania zawartości tej bazy, a więc do nadzorowania przebiegu realizacji procesu wytwarzania. Niemniej jednak możliwa jest także ręczna ingerencja (jeżeli tylko uprawnienia użytkownika na to pozwalają).

4. PRZYKŁAD WSPÓŁPRACY NADZORCY Z APLIKACJAMI SYSTEMU OMC

Działanie programu NADZORCA ilustruje poniższy przykład jego współpracy z pozostałymi aplikacjami systemu OMC, tzn. z PLANISTĄ i DYSPOZYTOREM. W przykładzie tym wykorzystano symulator systemu produkcyjnego TOR, opracowany w Katedrze Systemów Wytwarzania Politechniki Krakowskiej.

Do bazy danych wprowadzone zostaje zlecenie na wyprodukowanie 16 sztuk wyrobu WALEK11. Okienko wprowadzania zlecenia pokazane jest na rys. 2. Wprowadzone zlecenie pojawia się w module „Partie w toku” programu NADZORCA.

The screenshot shows two overlapping windows from the NADZORCA 2.0 application. The background window is titled 'Nowe zamówienie' (New order) and contains the following fields:

- Symbol partii: Partia1
- Produkt: WALEK11 (with a 'Wersja' dropdown)
- Wielkość partii: 16
- Maszyna: TOR_5 (with a 'Wersja' dropdown)
- Lokacja: Hala
- Termin najpóźniejszy: 00-11-06
- Termin najwcześniejszy: 00-11-05
- Termin rozpoczęcia: 00-11-05
- Priorytet: 2
- Specyfikacja: (empty)
- Komentarz: (empty)

The foreground window is titled 'Nadzorca 2.0' and displays a table of 'Partie w toku' (Parties in progress). The table has columns: Partia, Produkt, Liczba, Termin, Priorytet, Operacja, Stan, Oczekuje, W toku, Znacznik, T. nowoc, T. k.

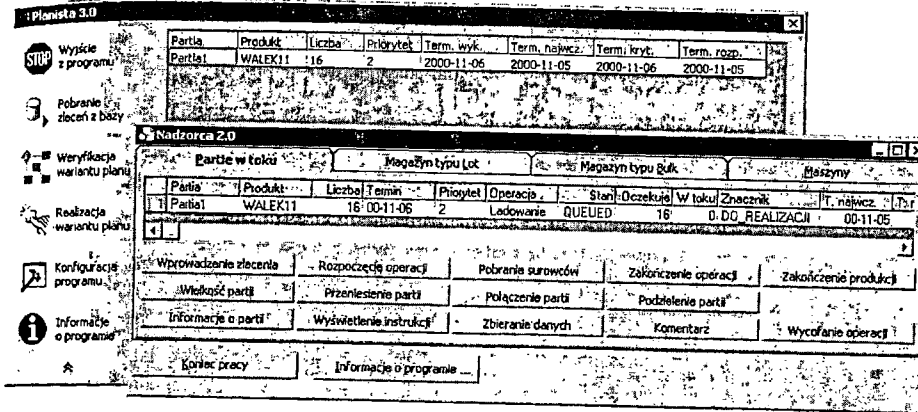
Partia	Produkt	Liczba	Termin	Priorytet	Operacja	Stan	Oczekuje	W toku	Znacznik	T. nowoc	T. k.
Partia1	WALEK11	16	00-11-06	2	Ladowanie	QUEUED	16	0	CZEKA	00-11-05	

Below the table, there are several buttons for actions: 'Wprowadzenie zlecenia', 'Rozpoczęcie operacji', 'Pobranie surowców', 'Zakończenie operacji', 'Zakończenie produkcji', 'Wielkość partii', 'Przerzucenie partii', 'Połączenie partii', 'Podzielenie partii', 'Informacje o partii', 'Wyświetlenie instrukcji', 'Zbieranie danych', 'Komentarz', 'Wycofanie operacji', 'Koniec pracy', and 'Informacje o programie'.

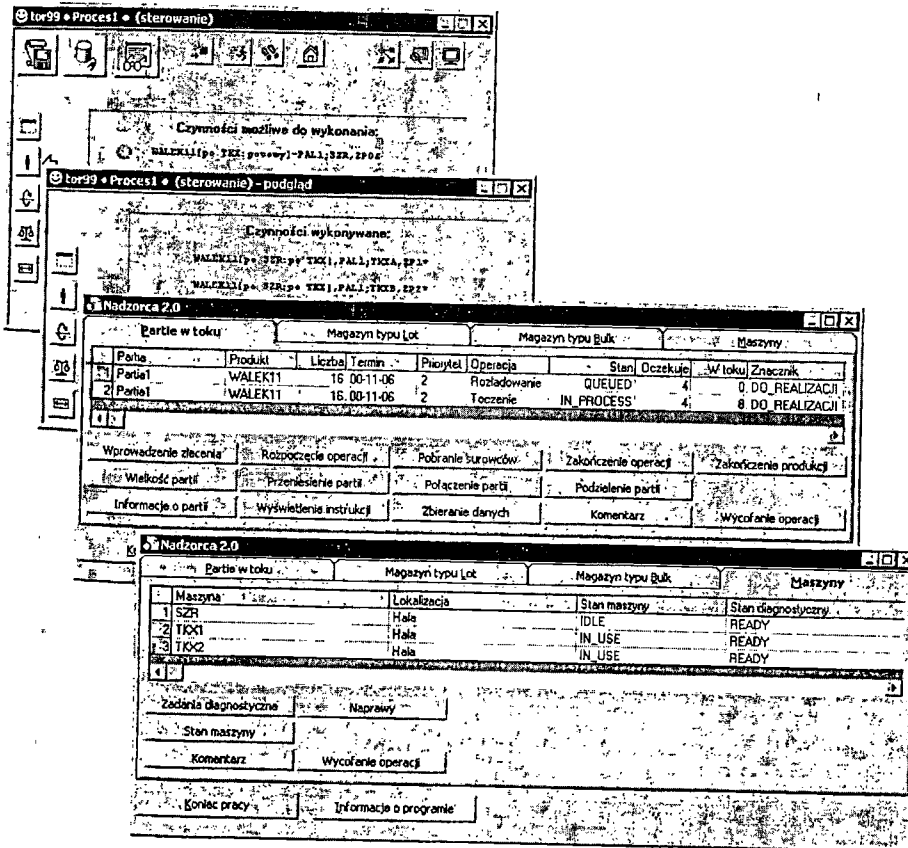
Rys. 2. Wprowadzanie zamówienia

Na pewnym etapie wprowadzone zlecenie jest importowane do PLANISTY. Po umieszczeniu zlecenia w planie produkcyjnym, otrzymuje ono atrybut "DO_REALIZACJI", co można zobaczyć w odpowiednim oknie programu NADZORCA (rys. 3).

Rys. 4 przedstawia okna programu DYSPOZYTOR i NADZORCA na pewnym etapie realizacji wprowadzonego zlecenia. W pokazanej chwili 4 sztuki wyrobu oczekują na operację rozładowania, 4 sztuki są obrabiane na maszynie TKX1, 4 sztuki są obrabiane na maszynie TKX2, a 4 ostatnie sztuki oczekują na rozpoczęcie operacji toczenia. Na zakładce "Maszyny" (dolna część rys. 4) pokazano informacje o aktualnym stanie maszyn.



Rys. 3. Zlecenie skierowane do realizacji w zatwierdzonym planie produkcyjnym



Rys. 4. Aktualny stan realizacji zlecenia

5. ZAKOŃCZENIE

Efektywne współdziałanie oprogramowania systemu OMC z pakietem Wonderware InTrack rodzi korzystne konsekwencje. Otwartość tego pakietu umożliwia bowiem stosunkowo łatwą i szybką integrację warstwy produkcyjnej zakładu przemysłowego (rozumianej jako urządzenia produkcyjne, układy sterowania nimi oraz system zarządzania i nadzorowania produkcji) z całą infrastrukturą informatyczną przedsiębiorstwa. Dostępne gotowe rozwiązania (takie jak np. VisualFlow firmy EnvisionIt) pozwalają na wymianę informacji pomiędzy bazą danych programu InTrack, a oprogramowaniem klasy ERP (np. SAP R/3, Baan, Protean, BPCS), dzięki czemu dane pochodzące z produkcji mogą być wiązane z danymi ekonomicznymi i finansowymi itp., a osoby odpowiedzialne za zarządzanie zakładem mają pełny wgląd we wszystkie aspekty jego funkcjonowania. W efekcie możliwe jest zbudowanie w firmie jednolitego, dobrze zintegrowanego i kompleksowego systemu informatycznego.

LITERATURA

- [1] Pierzchała W.: *Coloured object-oriented model of manufacturing system*. Postępy Technologii Maszyn i Urządzeń, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, vol. 23, Nr 4, Rzeszów 1999, s. 71-90, PL ISSN 0137-4478.
- [2] Pierzchała M., Pierzchała W.: *Integracja operatywnego sterowania procesem wytwarzania z systemami zarządzania produkcją* Materiały Konferencji Naukowo-Technicznej AUTOMATION 2000, PIAP, Warszawa 12-14. kwietnia 2000, s. 136-143, ISBN 83-902335-8-4.
- [3] Pierzchała W.: *Planowanie zadań produkcyjnych w oparciu o wirtualny proces wytwarzania*. Materiały Konferencji Naukowo-Technicznej AUTOMATION 2000, PIAP, Warszawa 12-14. kwietnia 2000, s. 144-151, ISBN 83-902335-8-4.
- [4] Pierzchała W.: *Unikanie zastoju w skalowalnym systemie sterowania wytwarzaniem*. Zeszyty Naukowe Pol. Śl., Seria: Automatyka, z.129, Gliwice, 2000, s. 305-314, PL ISSN 0434-0760.