

Implementace digitálního dvojčete pro efektivní plánování výroby

Odborníci z VŠB – Technické univerzity Ostrava vytvořili pokročilý systém pro plánování výroby, který byl implementován ve společnosti NC Line, a. s., se sídlem v Suchdole nad Odrou.

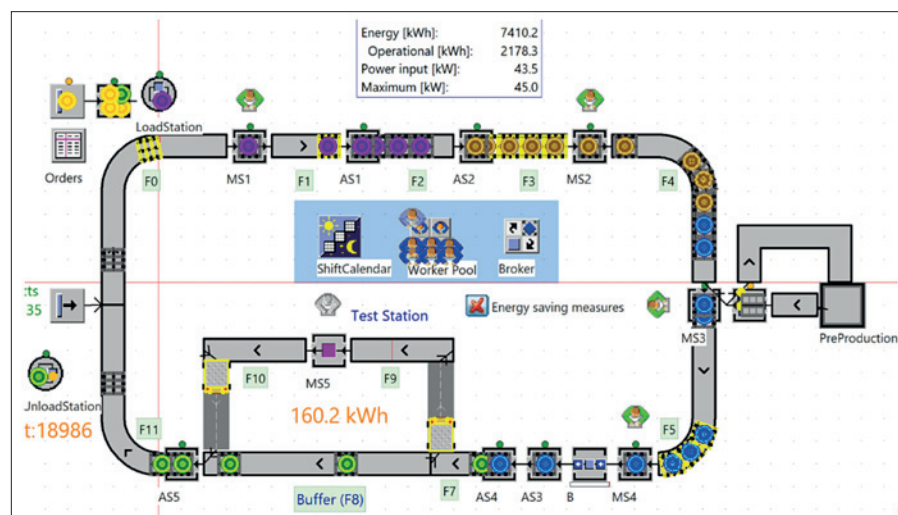
Společnost NC Line se specializuje na výrobu kovových dílů a zpracování kovů. Vzhledem k dynamickému růstu firmy a její orientaci na malosériovou výrobu, která vy-

tíh. Vzhledem k velkému počtu zakázek, variabilitě výroby a různorodosti pravidel platných pro každou zakázku a pracoviště tento způsob plánování nebyl efektivní. Zároveň nebylo možné spolehlivě určit výrobní kapacity do budoucna, což znemožňovalo přesně odhadnout vytíženost a schopnost splnit termíny zakázek. Proto společnost přistoupila k implementaci důmyslnějšího systému plánování výroby založeného na principu digi-

Model dále zahrnuje přípravy a nástroje potřebné pro konkrétní technologické operace. Tyto prvky mohou být sdílené nebo mohou být k dispozici v omezeném počtu, což má zásadní vliv na plánování a načasování výroby. Systém pracuje i s materiály a polotovary, které jsou reprezentovány jako pohybující se jednotky v simulovaném prostředí. Sleduje jejich dostupnost, skladování a toky mezi jednotlivými výrobními a logistickými body.

Nezastupitelnou roli v systému hrají zakázky s přesně definovanými technologickými postupy, dobami operací a požadovanými termíny dodání. Simulace sleduje jejich pohyb ve výrobním procesu, včetně paralelních operací, kolizních situací a vazeb mezi kroky. Do systému jsou integrovány i scénáře objednávání materiálu, dodacích lhůt a *just-in-time* logistiky. Je tak možné simulovat vliv zpoždění dodávek nebo výpadku vstupních surovin na plynulost výroby.

Výsledkem je ucelený model, který umožňuje testovat hypotézy, zlepšovat výrobní toky a činit kvalifikovaná rozhodnutí bez rizika narušení reálného provozu. Digitální dvojčete se tak stává nejen nástrojem plánování, ale také klíčovým prvkem strategického řízení výroby.



Obr. 1. Příklad využití simulace výroby

žaduje časté změny ve výrobním procesu, se firma dostala do situace, kdy bylo nutné plánovat tisíce zakázek dopředu. Tento náročný úkol bylo možné efektivně vyřešit díky systému, který využívá principy digitálního dvojčete továrny. Systém, dodaný ve spolupráci s VŠB-TUO, umožňuje optimalizované a prediktivní plánování výroby a výrazně zlepšuje schopnost reagovat na dynamické změny ve výrobních požadavcích.

Když už lidé nestačí

Společnost NC Line se potýkala s komplikovaným plánováním daným velkým množstvím maloobjemových zakázek, jejichž počet při plánování budoucích období dosahoval řádu tisíců. Všechny informace o výrobě a objednávkách jsou uloženy v rozsáhlém podnikovém systému ERP, který však disponuje jen základním modulem pro plánování zakázek. Objednávky jednotlivým pracovištím, směnám a operátorům následně přiřazovalo několik plánovačů ručně. Tito pracovníci museli zároveň dodržovat specifická pravidla výrobních procesů na jednotlivých pracoviš-

tálního dvojčete. Tento nástroj nejen poskytuje detailní odpovědi na otázky týkající se plánování a kapacit, ale také umožňuje přesnější sledování stavu zakázek, vytížení zaměstnanců a realizaci experimentů. Díky simulacím lze ověřit, zda navrhované změny ve výrobním procesu vedou ke zvýšení efektivity, popř. testovat různé scénáře optimalizace výroby bez zásahu do reálného provozu.

Pracoviště, obsluha, každý šroubek

Simulace výrobního systému, vytvořená v prostředí Siemens Tecnomatix Plant Simulation, dosahuje mimořádné úrovně detailu. Model zahrnuje nejen samotná pracoviště, ale také jejich technická omezení, kapacity a návaznosti mezi jednotlivými operacemi. Každé pracoviště je v systému popsáno jako samostatná entita s přesně definovanými pravidly. Součástí simulace jsou rovněž anonymizované profily pracovníků s přiřazenými směnami, kvalifikací, přestávkami a dostupností. Díky tomu lze realisticky plánovat rozvržení obsluhy, zohlednit absenci personálu nebo specifické požadavky na kvalifikaci.

Digitální dvojčete celé výroby

Základem simulace, která tvoří jádro digitálního dvojčete společnosti NC Line, je metoda diskrétní simulace událostí (*Discrete Event Simulation – DES*). Tento přístup umožňuje modelovat výrobní proces jako sled událostí, které se spouštějí na základě definovaných podmínek a předchozích stavů (obr. 1). Každá změna ve výrobě, např. příchod nového materiálu, zahájení operace nebo uvolnění pracoviště, je reprezentována jako samostatná událost, která ovlivňuje průběh celého systému. Díky tomu je možné s vysokou přesností sledovat a vyhodnocovat chování výrobního prostředí v čase a v závislosti na reálných omezeních.

Velkou předností tohoto řešení je přímé napojení na podnikový systém ERP. Díky tomu simulace pracuje vždy s aktuálními a reálně platnými daty, ať už jde o nové přijaté zakázky, směny zaměstnanců, stavy zásob, nebo dostupnost strojního vybavení. Nejde tedy o statický model, ale o živé a neustále aktualizované prostředí, které odráží reálný stav výroby. Tímto způsobem lze generovat proveditelné plány, které zohledňují aktuální

výrobní kapacity, dostupné suroviny a personální obsazení.

Simulace pokrývá celou výrobní halu společnosti NC Line a zahrnuje všechna reálná pracoviště. Každé z nich je modelováno jako unikátní jednotka s vlastními pravidly, omezeními a technologickými specifiky. Systém zohledňuje to, že např. některé operace lze provádět pouze na konkrétním typu stroje, vyžadují speciální přípravky nebo je smí provádět jen kvalifikovaný zaměstnanec s patřičnou odborností. Například zámečnická dílna je charakteristická tím, že se v ní kombinují ruční a poloautomatické úkony, přičemž musí být dodržen přesný sled operací a zajištěna dostupnost konkrétního přípravku, bez kterého nelze operaci zahájit. Zároveň je nutné, aby obsluha pracoviště měla určitou úroveň kvalifikace, což dále komplikuje plánování v případě personálních výpadků.

Každé z těchto pravidel je implementováno do simulačního modelu, což umožňuje nejen realistické naplňování výrobních scénářů, ale také včasnou detekci potenciálních problémů. Tato úroveň detailu je nezbytná pro to, aby plánování nebylo jen teoretické, ale opravdu použitelné v praxi a odolné proti běžným provozním výkyvům.

Plánování a optimalizace

Simulace výroby není využívána pouze k vytvoření harmonogramu, ale poskytuje mnoho důležitých výstupů, které mají rozhodující význam pro optimalizaci provozu. Jedním z nejdůležitějších výsledků je identifikace kritické cesty, tedy sledu operací, jejichž celková délka určuje nejbližší možný termín dokončení zakázky. Tento údaj je zásadní pro přesné plánování kapacit a dodržení termínů. Dále systém generuje grafy a tabulky vytižené jednotlivých pracovišť, které umožňují přehledně sledovat, kde dochází k přetížení nebo naopak k nevyužití kapacity. Tyto informace je možné využít k přerozdělení práce, otevření paralelních pracovišť nebo k úpravě směnového režimu.

Simulace zároveň zpětně vrací do systému ERP vypočtené doby realizace zakázek, včetně plánovaných časů zahájení a ukončení jednotlivých operací. Tyto informace jsou pak použity nejen k řízení výroby, ale také k informování zákazníků, objednávání materiálů a řízení dodavatelského řetězce. Důležitým výstupem je rovněž detekce chyb, např. nedostatečně definovaných výrobních postupů, chybějících přiřazení operací ke konkrétním pracovištům nebo chyb v časech operací. Simulace tak funguje i jako diagnostický nástroj, který odhaluje neúplná či nelogická data a pomáhá zvyšovat kvalitu informací uložených v systému ERP. Na obr. 2 je graf, který podává přehled o fungování testované výroby. Jednotlivé barvy znázorňují stav pracovišť. Rychlou analýzou se zjistí, že pracoviště AS1 a AS2 pracují příliš rychle, jelikož

musí čekat, než se jim uvolní místo na výstupním dopravníku vedoucím na pracoviště AS3 (žlutá barva). Závěrem této analýzy je návrh buď doplnění výroby o mezisklad mezi pracovišti AS2 a AS3, nebo paralelizace úlohy pracovišť AS3, AS4 a AS5.

Levý graf na obr. 2 uvádí míru zaplnění přidaného mezizásobníku, který má za cíl vyrovnávat rozdíl v rychlostech jednotlivých pracovišť.

Díky těmto výstupům lze nejen s velkou mírou přesnosti plánovat výrobu, ale také systematicky odhalovat slabá místa, hledat úspory a zvyšovat celkovou efektivitu provozu. Výsledky simulace jsou přehledně prezentovány formou interaktivních přehledů, grafických výstupů a reportů v PDF, které mohou využít jak plánovači, tak vedení firmy při strategickém rozhodování.

efektivitě a predikovatelnosti celého výrobního procesu ve firmě NC Line.

Analýza „co když“

Co když přidáme nové pracoviště? Co když najmeme další svářeče? Možnosti digitálního dvojčete zdaleka nekončí u plánování aktuální výroby. Díky své flexibilitě a vysoké míře realismu lze tento systém využít i jako experimentální nástroj pro testování různých hypotetických scénářů. Umožňuje např. ověřit, jak by výrobu ovlivnilo přidání nebo odebrání pracoviště, změna směnového režimu, přeskupení pracovníků mezi úseky nebo zavedení nových technologií. Lze simulovat situace typu „co když“, např. „Co se stane, když přidám další frézovací stanici? Zkrátí se kritická cesta? Uvolní se přetížený úsek? Můžu



Obr. 2. Míra zaplnění přidaného meziskladu (vlevo) a využití pracovišť (vpravo)

Aktuální stav

Simulační systém digitálního dvojčete je v současné době plně implementován do reálného provozu ve společnosti NC Line a aktivně funguje jako hlavní nástroj pro plánování výroby. Díky pravidelnému propojení se systémem ERP a automatizovanému načítání aktuálních dat umožňuje vytvářet realistické výrobní plány, které zohledňují aktuální stav zakázek, dostupnost materiálů, kapacity pracovišť i personální obsazení. Systém je natolik výkonný a přesný, že dokáže plánovat výrobu na několik měsíců dopředu, přičemž respektuje všechny známé změny a omezení. V reálném čase poskytuje odpovědi na otázky, zda je danou zakázku možné vyrobit v požadovaném termínu, jaké jsou kapacitní rezervy nebo kde může dojít k přetížení. Vedle plánování je systém využíván také k ověřování hypotetických scénářů, např. při rozšiřování výroby, změnách směnových modelů nebo při přidávání nových pracovišť. Digitální dvojče se tak stalo nedílnou součástí každodenního řízení výroby a významně přispívá ke stabilizaci,

odebrat pracovníka z jednoho místa a přidat ho jinam, aniž by došlo ke zpoždění zakázek?“ Proto může vedení firmy činit kvalifikovaná rozhodnutí ještě před tím, než budou vynaloženy investice či nastanou organizační změny. Simulace snižuje riziko špatných rozhodnutí a umožňuje cíleně směřovat investice tam, kde budou mít největší přínos. Z digitálního dvojčete se takto stává nejen nástroj pro plánování, ale také důležitý prostředek pro strategické řízení a dlouhodobý rozvoj výroby.

Shrnutí

Realizace pokročilého systému digitálního dvojčete pro společnost NC Line ukazuje, jak lze díky propojení univerzitního know-how a moderních nástrojů plánování dosáhnout zásadní změny v řízení výroby. Projekt demonstruje, že i vysoce variabilní malosériová výroba může být efektivně plánována a řízena na základě simulací, které reflektují reálné kapacity, omezení a dynamiku provozu. Řešení postavené na diskrétní simulaci událostí, napojené na systém ERP, umožňuje

přesné plánování i několik měsíců dopředu, testování alternativních scénářů a optimalizaci provozu bez narušení reálné výroby.

Jako přímý výsledek vývojových aktivit v oblasti implementace digitálních dvojčat byl při Vysoké škole báňské – Technické univerzitě Ostrava založen technologický start-up inFacto Engineering, s. r. o. Jeho

hlavním posláním je propojovat akademické know-how s potřebami průmyslu a efektivně převádět výsledky výzkumu do praxe prostřednictvím konkrétních inženýrských řešení. Společnost vznikla jako přirozené rozšíření univerzitního prostředí s plnou podporou vedení fakulty a univerzity. Její ambicí je stát se mostem mezi vědeckým světem a komer-

ční sférou. Díky této formě fungování dokáže pružně a profesionálně nabízet své služby na běžné komerční bázi.

Ing. Jan Zemánek, Ing. Alfons Václavík,
Ing. Radim Hercík, Ph.D., katedra
kybernetiky a biomedicínského inženýrství,
FEI VŠB – Technické univerzity Ostrava



Financováno
Evropskou unií
NextGenerationEU



NÁRODNÍ
PLÁN OBNOVY

Tato práce byla podpořena z projektu EDIH Ostrava, číslo projektu 101083551, který je spolufinancován z prostředků Evropské unie (program Digitální Evropa), přičemž tento projekt je rovněž podpořen financováním ze strany Ministerstva průmyslu a obchodu České republiky, reg. č. projektu EDIH 1.5.01.4, a to v rámci Next Generation EU, tj. nástroje na podporu oživení a odolnosti (Recovery and Resilience Facility).

Bombardier využije platformu Siemens Xcelerator k digitalizaci projektování letadel od konceptu až po výrobu

Kanadský výrobce letadel Bombardier rozšířil využití průmyslového softwaru Siemens Xcelerator s cílem zefektivnit inženýrské procesy a aktivně řešit problémy spojené s návrhem moderních letadel. Pro 3D modelování, simulace a technickou přípravu výroby si společnost Bombardier zvolila software Siemens NX a pro návrh elektronických a elektrických systémů software Capital. Již od roku 2018 firma využívá k řízení životního cyklu výrobku (PLM) software Siemens Teamcenter.

Díky rozšíření o Siemens Xcelerator bude nově moci využít možnosti digitálního dvojčete v celém životním cyklu letadla, zlepšit efektivitu inženýrské práce a zkrátit vývojové cykly. Bombardier aktuálně nahrazuje své dosavadní softwarové systémy, přičemž cílem je vytvořit ucelený, integrovaný digitální řetězec (digital thread, DT) postavený na softwaru Teamcenter, aby veškeré procesy návrhu mechanických i elektrických systémů mohly být realizovány v jednom kolaborativním prostředí pro řízení životního cyklu výrobku.



Obr. 1. Společnost Bombardier, která se zaměřuje na konstrukci, výrobu a servis business jetů, rozšířila využití průmyslového softwaru Siemens Xcelerator, který jí pomůže zefektivnit inženýrské procesy a vyřešit problémy, s nimiž se setkává při konstruování moderních letadel (foto: Bombardier)

Společnost používá i low-code vývojovou platformu Siemens Mendix. Její první aplikace z této platformy zvyšuje efektivitu práce koncových uživatelů tím, že vyhledává a propojuje data externích aplikací se softwarem Teamcenter. Siemens Xcelerator zlepšuje kvalitu a zabezpečení firemních dat

a zároveň šetří čas a práci týmu IT.

Společnosti Bombardier a Siemens se snaží zavádět nové přístupy i v oblasti vzdělávání budoucích pracovníků. Spolupracují s vysokými školami, kterým poskytují přístup k softwaru Siemens, aby studenti získali potřebné dovednosti a mohli po ukončení školy úspěšně nastoupit do práce v oboru.

Kanadský výrobce letadel Bombardier se

v současné době soustředí na výrobu soukromých letadel. Její business jety Bombardier Global patří mezi světovou špičku pro dálkové lety; Bombardier Challenger jsou letadla střední velikosti vhodná pro kratší a střední trasy.

(Bk)



Předplatné časopisu Automa

mohou čtenáři objednat na stránkách našeho distributora:

<https://send.cz/casopis/210/automa>