

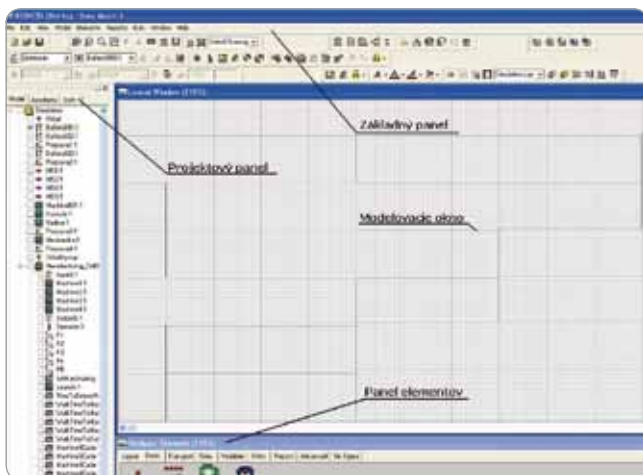
Využitie počítačovej simulácie pri výbere optimálnej metódy dočistenia

Technologické procesy sú dôležitou súčasťou vo výrobnom systéme. Správanie sa a fungovanie týchto systémov nemôžeme predvídať s určitosťou, keďže patria do skupiny pravdepodobnostne determinovaných systémov. Ak by sme chceli vopred presne poznať správanie týchto systémov, museli by sme ich vedieť matematicky opísať alebo pozorovať správanie systému na reálnom objekte [2].

Na náš experiment bol využitý simulačný program WITNESS. Simulačné prostredie programu WITNESS sa skladá z nasledujúcich štyroch častí, ktoré sú znázornené na obr. 1. Základný panel umiestnený hore obsahuje menu potrebné na prácu so súborom a funkcie spojené s činnosťami modelovania. Projektový panel zobrazuje postup práce s modelom prostredníctvom stromovej štruktúry. Časť s názvom modelovacie okno má štvorcovaný podklad, čo uľahčuje predstavivosť plošného usporiadania pracoviska. V dolnej časti pracovného prostredia sa nachádza panel elementov. Ten sa využíva na tvorbu modelu. Elementy sú zoradené podľa druhu:

- základné,
- preprava,
- dáta,
- dopravné prostriedky,
- grafy,
- štatistiky [1]

Ukladaním elementov na pracovnú plochu a naznačením väzieb vytvárame materiálový tok. Na vytváranie väzieb medzi elementmi treba označiť prvý prvok prepojenia, kliknúť na funkciu Visual Rules (vizuálne pravidlá), vybrať pravidlo prepojenia, (napríklad Pull – ťahať) a označiť druhý prvok. Part (diel) môže byť v procese tlačenej alebo ťahaný podľa charakteru činnosti pracoviska, kde sa nachádza. Buffer (zásobník) je miesto, kde musí diel buď čakať s podmienkou minimálneho množstva času, alebo stojí za podmienky maximálneho množstva času volenej používateľom. Predstavuje teda určitý druh uloženia (sklad, medzisklad). Výstup partu z buffera môže podliehať aj iným podmienkam, napríklad FIFO (z angl. First In First Out) alebo LIFO (z angl. Last In First Out). Medzi ďalšie najčastejšie využívané elementy patrí aj Conveyor (dopravník) [2]. Obr. 1 znázorňuje základné pracovné prostredie programu.



Obr. 1 Základné pracovné prostredie programu WITNESS

Využitím simulačného programu WITNESS sa simuloval proces čistenia textilnej zložky z opotrebovaných pneumatík a následná výroba skúšobnej dosky. Proces čistenia textilnej zložky prebiehal prostredníctvom separačnej metódy pomocou vibračných sít.

Kompozitný materiál je tvorený dvoma zložkami, konkrétne textíliami z opotrebovaných pneumatík a termoplastom – polyvinylbutyrolom (PVB), ktorý je produktom recyklácie autoskiel, kde sa pridáva do bezpečnostnej fólie. V tab. 1 sú opísané základné charakteristiky jednotlivých operácií výroby materiálu na báze textílií z opotrebovaných pneumatík. Tab. 2 opisuje vstupné podmienky lisovania skúšobných dosiek.

Popis	Charakteristika
Stroj	Brabender Lab Station
Predhrev stroja v [min]	10
Pracovná teplota stroja v [°C]	150
Homogenizácia PVB v [min]	25
Teplota pri homogenizácii PVB v [°C]	150
Homogenizácia PVB a textílie v [min]	30
Teplota pri homogenizácii PVB a textílií v [°C]	180

Tab. 1 Vstupné podmienky homogenizácie zmesi kompozitného materiálu

Popis	Charakteristika
Stroj	Brabender W 350 E Laborpresse
Pracovná teplota stroja v [°C]	150
Predhrev v [min] a teplota v [°C]	25
Lisovanie v [min] a teplota v [°C]	150
Ochladzovanie v [min] a teplota v [°C]	30

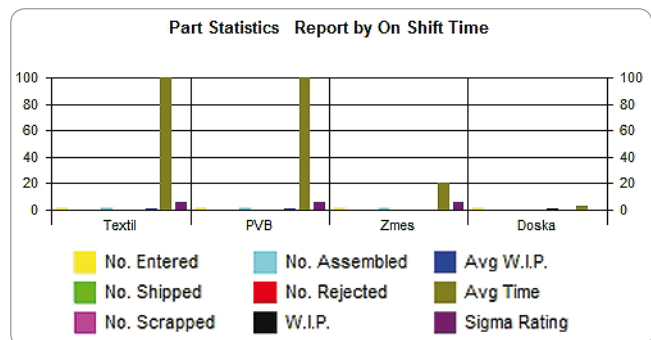
Tab. 2 Vstupné podmienky lisovania kompozitného materiálu

Na základe vstupných parametrov sa dospelo k nasledujúcim výsledkom, ktoré sú interpretované prostredníctvom tabuliek, graficky a tiež boli vytvorené pohľady na pracovný priestor simulačného programu s nasimulovanými procesmi. V nasledujúcej tab. 3 vidíme hodnoty jednotlivých zložiek, ktoré vstupujú do procesu, konkrétne textil a PVB. Po homogenizácii máme ďalší produkt – zmes, po vylisovaní zmesi finálny produkt – dosku. Priemerná práca na stroji pri jednotlivých procesoch pre konkrétnu zložku má pri textíle a PVB hodnotu 81 %, pri zmesi 16 % a pri hotovej doske 2 %.

Name	Textil	PVB	Zmes	Doska
Vstupné suroviny	1	1	1	1
Počet zložiek	1	1	1	0
Pracovná činnosť v konkrétnom procese	0	0	0	1
Priemerná pracovná činnosť	0,81	0,81	0,16	0,02
Priemerný pracovný čas	100,00	100,00	20,00	3,00

Tab. 3 Hodnoty jednotlivých dielcov – zložiek (Part statistics)

Nasledujúce grafické zobrazenie (obr. 2) je zobrazením hodnôt jednotlivých zložiek vstupujúcich do procesu, konkrétne textilu, PVB, homogenizovanej zmesi a nakoniec hotovej skúšobnej dosky.



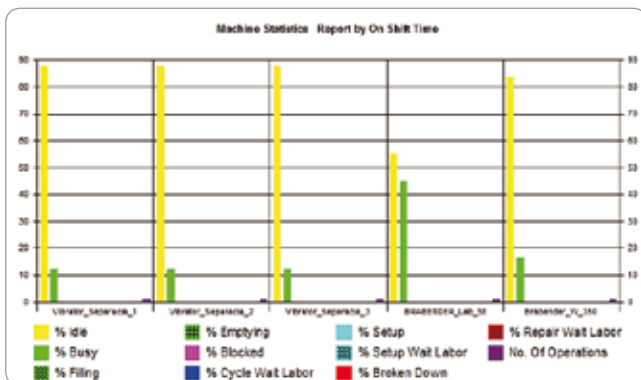
Obr. 2 Grafické spracovanie jednotlivých zložiek výrobného procesu

V tab. 4 sú štatisticky spracované dáta jednotlivých strojov, pomocou ktorých sa separácia textilnej zložky vykonala. Zaneprázdnenosť vibračného stroja je 3 x 12,20 %. Vibračný stroj bol jeden, operácia separácie textilu sa vykonávala trikrát po sebe v intervale 15 min.

Name	Vibračný stroj 1	Vibračný stroj 2	Vibračný stroj 3	Hnetací stroj BRABENDER	Lis-Brabender
No. of Operation	1	1	1	1	1
% Idle	87,80	87,80	87,80	55,28	83,74
% Busy	12,20	12,20	12,20	44,72	16,26

Tab. 4 Štatisticky spracované dáta jednotlivých strojov

Obr. 3 je znázornením grafickej závislosti štatisticky spracovaných dát od jednotlivých pracovných zariadení. Z grafu vidieť, že najviac využitý je pri tejto analýze vibračný stroj, jeho využiteľnosť je 87,80 %, a lisovací stroj, ktorého využiteľnosť je 83,74 %. Naopak hnetací stroj je využitý na 55,28 %, tento prístroj sa používa na prípravu kompozitov a na ich homogenizáciu. Celé množstvo sa pripraví vopred s rozdielnymi percentuálnymi podielmi textílií, pre ten-ktorý konkrétny kompozit.



Obr. 3 Grafická závislosť využiteľnosti strojov

Tab. 5 je štatistickým spracovaním dát jednotlivých laboratórnych operácií, ktoré vykonáva operátor, čiže pracovník. Zaneprázdnenosť stroja pri separácii pomocou vibračných sít je 36,59 % z celového pracovného času (t. j. 123 min.), pri plnení hnetacieho stroja materiálom je zaneprázdnenosť stroja 44,72 %. Ostatné hodnoty sú viditeľné z tabuľky a tiež sú graficky zobrazené (obr. 4).

Name	Operator 1	Operator 4	Operator 5	Operator 6
% Busy	36,59	44,72	16,26	0,00
% Idle	63,41	55,28	83,74	100,00
Quantity	1	1	1	1
No. of Jobs Started	3	1	1	0
No. of Jobs Ented	3	1	1	0
Avg. Job Time	15,00	55,00	20,00	0,00

Tab. 5 Štatistické spracovanie dát jednotlivých operácií prostredníctvom operátora

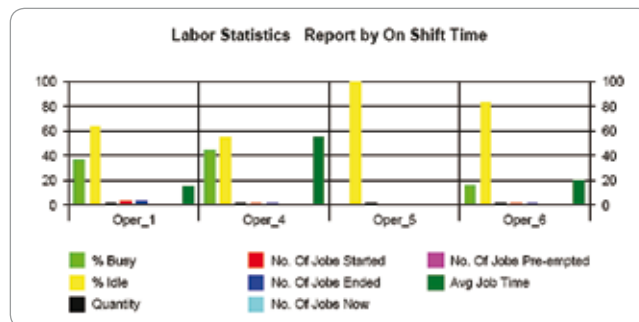
Legenda:

- Operator 1 – pracovná operácia na vibračnom site – separácia textílií
- Operator 4 – plnenie hnetacieho stroja, príprava homogenizácie zložiek
- Operator 5 – lisovanie skúšobných dosiek
- Operator 6 – manipulácia s hotovým výrobkom
- % Busy – zaneprázdnenosť stroja v %
- % Idle – nečinnosť stroja v %
- Quantity – operácia, ktorá bola vykonávaná v určitom výrobnom procese
- No. of Jobs started – počet začatých pracovných činností
- No. of Jobs Ented – počet ukončených pracovných činností
- Avg. Jobs Time – priemerný pracovný čas na jednotlivých strojoch

Priemerný čas znamená časové trvanie jednotlivých operácií, pri separácii je to 15 minút, pri hnetení – homogenizácii 55 minút, medzi samotným hnetením a lisovaním nevykonáva pracovník žiadnu pracovnú činnosť, pri poslednej operácii, čo je príprava na lisovanie a výber dosky z formy, je pracovný čas je v priemere 20 minút.

Tab. 6 je štatistickým spracovaním dát dopravníka, ktorý bol využitý pri manipulácii, od lisovacieho stroja, keď už máme hotový výrobok, do skladu, kde sa naše dosky uskladňujú pred ďalšími

analýzami, ktoré budú po výrobe dosiek nasledovať. Z tabuľky vidieť, že nečinnosť stroja je z celového času, t. j. 123 minút, 97,56 %, čo je spôsobené tým, že s dopravníkom sa počítalo len na manipuláciu od lisu do skladu.



Obr. 4 Grafická závislosť pracovnej sily pri jednotlivých operáciách

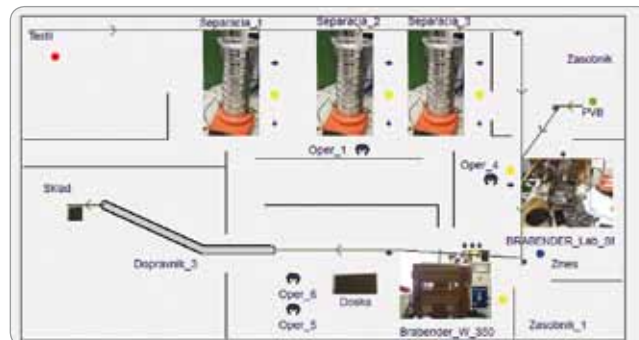
Name	% Empty	% Move	Total on	Avg. Size	Avg. Time
Dopravník č. 3	97,56	2,44	1	0,02	3,00

Tab. 6 Štatistické spracovanie dát dopravníkov pri metóde vibračných sít

Legenda:

- Name – meno, názov
- Empty – vyprázdnenie
- Move – pohyb stroja
- Total on – celková pracovná činnosť
- Avg. Size – priemerná veľkosť
- Avg. Time – priemerný čas

Z nasledujúceho obrázka vidieť približné usporiadanie pracoviska, kde sa bude realizovať proces separácie textílií z opotrebovaných pneumatík a následná výroba kompozitného materiálu.



Obr. 5 Simulácia separácie pomocou vibračných sít prostredníctvom simulačného programu WITNESS

Vstupnými parametrami boli časy jednotlivých operácií. Tiež bolo potrebné stanoviť množstvo, ktoré do procesu vstupovalo. Simulácia sa riešila pre 50 % textilnej zložky a 50 % PVB (100 g textílie a 100 g PVB). Celá simulácia je riešená na jeden výrobok, na jednu skúšobnú dosku s rozmermi 68 x 150 x 3 mm. Časy vstupujúce do procesu sú definované ako:

- operačný čas – čas potrebný na jednotlivé operácie,
- prípravný čas – čas na ohrev, ochladzovanie a pod.

Príspevok priblížil využitie simulačného programu pri samotnom technologickom procese výroby kompozitného materiálu. Okrem zobrazenia pracoviska s konkrétnym strojovým vybavením sa zisťovalo aj využitie jednotlivých strojov pri danej technológii, využitie zložiek surovín vstupujúcich do procesu, ďalej využiteľnosť pracovnej sily operátora – pracovníka, ktorý obsluhuje dané prístroje, a v neposlednom rade aj využiteľnosť dopravníkov, ktoré slúžia na transport hotových výrobkov do skladu. Simulačný program sa využil pri vhodne zvolenej technológii na separáciu nežiaducich zložiek obsiahnutých v textíliách z odpadových pneumatík. Získali sme tak celkový pohľad na strojovú zaneprázdnenosť, jednotlivé časové hodnoty, ktoré sú potrebné na vykonanie nevyhnutných operácií, a na už spomenuté charakteristiky, ktoré súvisia s celkovou výrobou kompozitného materiálu. Takýmto spôsobom môžeme nasimulovať

rôzne technologické procesy separácie textilu z opotrebovaných pneumatík s následnou výrobou kompozitu, a tak sa rozhodnúť pre konkrétny, ktorý bude najviac vyhovovať nami stanoveným podmienkam.

Literatúra

[1] Law, A. M.: Simulation Modeling and Analysis. McGraw-Hill Companies 2007. 768 s. ISBN-13 978-0-07-298843-7, ISBN-10 0-07-298843-6.

[2] MALINDŽÁK, D.: Simulácia procesov. Košice: TU 1991. 298 s.

Ing. Lucia Knapčíková
lucia.knadcikova@tuke.sk

Ing. Ivan Lazár
ivan.lazar@tuke.sk

Ing. Jozef Husár, PhD.
jozef.husar@tuke.sk

Fakulta výrobných technológií TU Košice so sídlom v Prešove
Bayerova 1
080 01 Prešov