

prof. dr inż. Reiner KOPP  
Institut für Bildsame Formgebung, Aachen, Niemcy  
E-mail: kopp@ibf.rwth-aachen.de

## „Przemysł 4.0” i jego wpływ na przemysł kuźniczy

### *Industry 4.0 and its influence on metal forging industry*

#### Streszczenie

Prezentacja ocenia wpływ tak zwanej 4. Rewolucji Technicznej „Przemysłu 4.0” albo „Internetu Rzeczy i Usług” na przemysł wytwórczy, w szczególności obróbkę plastyczną, na przykład kuźnictwo. Na podstawie studium zespołu specjalistów pod przewodnictwem Deutschen Akademie der Technikwissenschaften – acatech (Niemieckiej Akademii Nauk Technicznych) opisane zostały wizje „Przemysłu 4.0” i kilka ich wstępnych zastosowań. Następnie zilustrowano badania konieczne do realizacji i wdrożenia tych wizji. Opisano jak części „Przemysłu 4.0” zostały wdrażane w wielu zakładach obróbki plastycznej. Inne części jednak są dalekie od realizacji i ich wdrażanie nie byłoby możliwe lub korzystne. Koncepcja „Przemysłu 4.0” jest niewykonalna lub nieopłacalna do opłacenia dla wszystkich typów zakładów produkcyjnych, przynajmniej w niedalekiej przyszłości. W końcowym, wizjonerskim podejściu opisano kierunek, w jakim można skierować przemysł kuźniczy z pomocą nowoczesnej technologii informacyjnej. Technologię kucia swobodnego jako bardzo elastyczną metodę kształtowania można by rozwijać równolegle z technologią drukowania w 3D. Gdy technologia drukowania w 3D działa, stosując podejście „do góry dnem”, począwszy od prostych cząstek proszku dla wytworzenia złożonego produktu, w elastycznej technologii kucia 3D stosuje się podejście „szczytem w dół”, zaczynając od prostego materiału zgrzewnego (kloc, kęsisko płaskie) oraz (podobnie jak kowal) w drodze różnych operacji kuźniczych na zimno lub na gorąco tworzy się złożone kształty. Wniosek z tej prezentacji jest taki, że koncepcja Przemysłu 4.0 osiągnie powodzenie, jeżeli inżynieria produkcji i inżynieria materiałowa opracują nowe, innowacyjne materiały i technologie równolegle z metodami IT.

#### Abstract

*This presentation focuses on the influence of the so-called 4th Technical Revolution 'Industry 4.0' or 'Internet of Things and Services' on production industry, in particular on metal forming industry using the forging industry as an example. Based on a study by a team of experts led by the Deutschen Akademie der Technikwissenschaften acatech (National Academy of Science and Engineering), the visions of Industry 4.0 and several initial applications will be described. The research necessary to realize and implement these visions will then be illustrated. It is described how parts of Industry 4.0 are already being implemented in many metal forming businesses. Other parts are, however, far from realization or it would not be possible or useful to implement them. Industry 4.0 is not feasible or affordable for all types of production companies, at least not in the near future. In a final visionary approach, the direction in which the forging industry could be headed with the aid of modern information technology is described. Open die forging technology as an extremely flexible forming method could be developed in parallel with the 3D printing technology. Whereas 3D printing technology operates using a 'bottom up' approach starting with simple powder particles to develop a complex product, 3D flexible forging technology uses a 'top down' approach starting with a simple wrought material (block, slab, etc) and uses various cold or hot forging operations (analog to a blacksmith) to produce complex shapes. The conclusion of this presentation is that Industry 4.0 will be successful if production and material engineering will develop new innovative materials and production technologies in parallel with the new IT methods.*

Słowa kluczowe: „Przemysł 4.0”, Internet Rzeczy i Usług, kuźnictwo, technologia informacyjna

Keywords: Industry 4.0., Internet of Things and Services, forging industry, IT

## 1. WSTĘP

„Przemysł 4.0” albo „Internet rzeczy i usług” jest obecnie tematem gorących debat. Z jednej strony jest uznawany za nową rewolucję przemysłową; czwartą rewolucję po mechanizacji, elektryfikacji i automatyzacji. Różni uczestnicy tych debat przepowiadali długi okres rozwoju w ciągu nadchodzących dziesięcioleci.

Z drugiej strony słychać głosy określające wpływ koncepcji „Przemysłu 4.0” na przemysł jako ewolucję, nie rewolucję. Odzywają się też głosy krytyczne, które widzą wprowadzenie nowych, opartych na IT (technologii informacyjnej) modeli biznesowych, do istniejących już tradycyjnych obszarów przemysłu, jako niewykonalne lub nieekonomiczne. Wiele zakładów obróbki plastycznej jak walcownie czy kuźnie ma bardzo kosztowne urządzenia i mogące wprowadzać nowe struktury tylko stopniowo. Niniejsza praca ma na celu zilustrowanie kilku nowych możliwości „Przemysłu 4.0”, jak jego części zostały już wdrożone w przemyśle, w szczególności w przemyśle obróbki plastycznej, a także co jest niemożliwe do wdrożenia, przynajmniej w najbliższej przyszłości.

Opisano tu również dziedziny obróbki plastycznej, które trzeba rozwijać równolegle z IT, aby pozostać konkurencyjnym w technologii produkcji i materiałowej. Samo IT nie zagwarantuje konkurencyjności. Innowacja w dziedzinie materiałów, wyrobów i procesów produkcyjnych jest co najmniej równie ważna.

## 2. CO TO JEST „PRZEMYSŁ 4.0”?

Po ważnych rewolucjach technicznych – mechanizacji, elektryfikacji i automatyzacji, pojawił się nowy krok rozwoju, który ma znaczny wpływ na produkcję i który wielu nazywa czwartą rewolucją techniczną: „Internet rzeczy i usług” albo „Przemysł 4.0”. Niemiecka Narodowa Akademia Nauki i Techniki – acatech – stworzyła platformę ekspercką, by wyszczególnić cele Przemysłu 4.0 i podać zalecenia dla realizacji nowych technologii [1]. Według [1] niektóre cele Przemysłu 4.0 są następujące:

- globalne sieciowanie maszyn, systemów przechowywania i zasobów,

## 1. INTRODUCTION

*“Industry 4.0” or “The Internet of Things and Services” is currently a hotly debated topic. On the one hand it is being considered as a new industrial revolution, the 4<sup>th</sup> revolution after mechanization, electrification and automation. Various parties have predicted a large period of growth during the coming decades.*

*On the other hand there are voices describing the influence of Industry 4.0 on the industry as evolution and not as a revolution. There are also critical voices that see the introduction of new IT based business models into existing traditional industry areas as either unfeasible or uneconomical. Many metal forming businesses such as rolling mills or forging shops have extremely expensive facilities and can only introduce the new structures gradually. This paper aims to illustrate a few of the new possibilities of Industry 4.0, how parts of it have already been implemented in industry, particularly in the metal forming industry, and what is not possible to implement, at least not in the near future.*

*The areas in metal forming which need to be developed in parallel with information technology (IT) in order to remain competitive in production and material technology are also described here. IT alone will not guarantee competitiveness. Innovation in the areas of materials, products and production processes are at least as important.*

## 2. WHAT IS MEANT BY INDUSTRY 4.0?

*After the important technical revolutions, mechanization, electrification and automation, a new development has appeared which is having significant influence on production, and which many are describing as the 4<sup>th</sup> technical revolution: The Internet of Things and Services or Industry 4.0. The National Academy of Science and Engineering – acatech – has set up an expert platform to specify the aims of Industry 4.0 and to highlight recommendations for the realization of new technologies [1]. Some of the aims of Industry 4.0 according to [1] are:*

- *global networking of machines, storage systems and resources,*

- rozwój inteligentnych wyrobów, jednoznacznie identyfikowalnych, znających w każdej chwili swoje miejsce i automatycznie dobierających najlepszy sposób osiągnięcia stanu docelowego,
- realizacja inteligentnych fabryk, inteligentnych urządzeń produkcyjnych optymalizowanych wg zasobów, możliwych do adaptacji,
- realizacja nowych modeli biznesowych, np. nowych usług przez Big Data,
- nowa infrastruktura socjalna dla ludzi przy pracy, demograficznie czuła struktura pracy,
- lepsza równowaga między życiem zawodowym a prywatnym,
- spełnianie indywidualnych wymagań klientów,
- inteligentne oprogramowanie dla całkowitego projektowania i natychmiastowej reakcji on-line na wszelkie problemy.

Cele te zapowiadają nowe systemy produkcyjne. Niektóre zostały już wdrożone lub są w trakcie opracowywania. Dla istniejących fabryk wdrożenie koncepcji „Przemysłu 4.0” jest obecnie bardzo trudne lub jeszcze niemożliwe. Dlatego [1] podaje kilka zaleceń, na przykład takie, jak:

- standaryzacja, tj. ustanowienie globalnej architektury odniesienia z wykorzystaniem fabryk odniesienia (fabryk wzorcowych),
- opanowanie kompleksowych systemów do odpowiednich modeli symulacyjnych, optymalizacyjnych i oprogramowania,
- gwarantowane bezpieczeństwo danych, tj. opracowanie nowych systemów zabezpieczonych przed atakami (to jest największe wyzwanie),
- nowa infrastruktura przy pracy – większa odpowiedzialność indywidualna i rozwój indywidualny,
- działania w zakresie ustawicznego kształcenia pracowników, nowe profile kompetencji,
- opracowanie ramy regulacyjnej, wyjaśnienie zagadnień odpowiedzialności i ochrony danych,
- efektywność zasobów, rozwój i wdrożenie potencjału oszczędzania energii.

- *development of intelligent products which are uniquely identifiable, know their locations at all times, and automatically select the best method to achieve their target state,*
- *realization of smart factories, intelligent, resource optimized, adaptable production facilities,*
- *realization of new business models, e.g. new services via Big Data,*
- *new social infrastructure for people at work, demographic sensitive work structure,*
- *better work/life balance,*
- *meeting individual customer requirements,*
- *intelligent software for end to end engineering and immediate online response to any problems.*

*These aims promise novel production systems. Some have already been implemented or are being developed. For existing factories implementation of Industry 4.0 is currently very difficult or not yet possible. Therefore [1] has defined several recommendations, e.g. the following:*

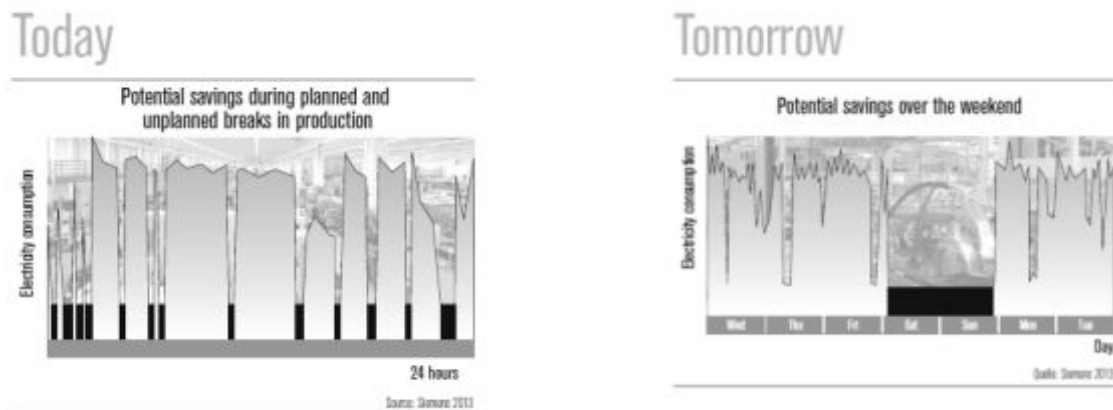
- *standardization – establishment of a global reference architecture using reference factories (model factories),*
- *mastering of complex systems for suitable simulation and optimization models and software,*
- *guaranteed data security – development of new systems that are safe from attacks. (this is the greatest challenge),*
- *new infrastructure at work – more individual responsibility and personal development,*
- *lifelong learning measures for employees, new competence profiles,*
- *development of a regulatory framework, clarification of liability and data protection issues,*
- *resource efficiency, development and implementation of energy saving potential.*

### 3. PRZYKŁADY WDROŻENIA „PRZEMYSŁU 4.0”

Zmniejszanie ilości energii zużywanej przez linię montażu karoserii pojazdów podczas przerw produkcyjnych [1]. Sposobem zmniejszenia zużycia energii jest regulowane i automatyczne wyłączenie niepracujących części urządzeń produkcyjnych (rys. 1). Potrzebne są do tego silniki z regulacją prędkości, które można regulować według wymagań.

### 3. EXAMPLES OF IMPLEMENTATION OF INDUSTRY 4.0

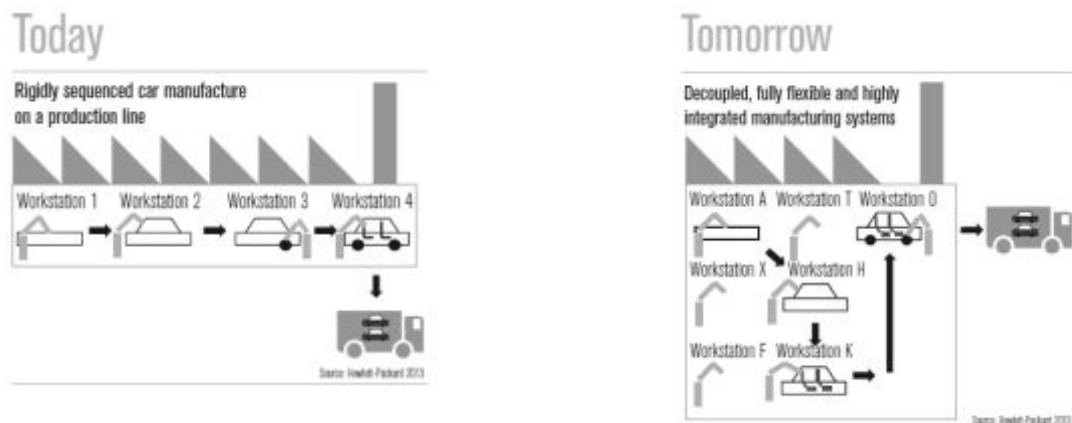
*Reducing the energy used by a vehicle body assembly line during production down times [1]. A way to reduce energy usage is by regulated and automatic switching off of inactive parts of the production facility (fig 1). Speed controlled motors that can be adjusted to meet requirements will be necessary for this.*



Rys. 1. Potencjalne oszczędności w czasie planowanych i nie planowanych przerw w produkcji [1]  
 Fig. 1. Potential savings during planned and unplanned breaks in production [1]

Dynamiczne linie produkcyjne [1]. „Przemysł 4.0” może doprowadzić do dynamicznych linii produkcyjnych. To umożliwiłoby zintegrowanie poszczególnych elementów w produkcję seryjną bez jakichkolwiek problemów, np. specjalnych luksusowych siedzeń zamiast standardowych (rys. 2).

*Dynamic production lines [1]. Industry 4.0 could lead to dynamic production lines. This would make it possible to integrate individual elements into a series production without any problems, e.g. a special luxury seat instead of a standard seat (fig. 2).*



Rys. 2. Dynamiczne linie produkcyjne [1]  
 Fig. 2. Dynamic production lines [1]

Zmiana dostawcy w czasie procesu produkcyjnego wskutek zadziałania Siły Wyższej [1]. Dzięki symulacji całego łańcucha procesu produkcyjnego możliwa jest analiza alternatywnych dostawców i ich kwalifikacji w czasie rzeczywistym. Szybsza wymiana dostawców jest możliwa i realna do obliczenia.

Samochody prowadzone automatycznie. Automatycznie prowadzone samochody, które mogą samodzielnie jeździć i rozpoznawać inne pojazdy stają się rzeczywistością.

#### 4. WDRAŻANIE KONCEPCJI „PRZEMYSŁU 4.0” W OBRÓBCE PLASTYCZNEJ

Rozdziały 2 i 3 tej pracy przedstawiają wizję i początkowe wdrożenia tak zwanej czwartej rewolucji technicznej. Powstało pytanie, jak można te nowe możliwości techniczne wdrożyć w istniejących zakładach obróbki plastycznej i czy koncepcja „Przemysłu 4.0” bierze pod uwagę wszystkie kroki konieczne dla utrzymania i zabezpieczenia produkcji [2]. Wyszczególnia innowacje, które traktują czwartą rewolucję jako ewolucję. Autonomiczne zdolności produkcji wyrobów przewidywanych w fabrykach przyszłości są tu przedstawiane krytycznie. RFID i kody paskowe są wystarczające w większości przypadków, np. w nowoczesnych urządzeniach do produkcji samochodów.

Nie ma wskazówek, jak tradycyjne zakłady produkcyjne, które są również ważne w wytwórczości (walcownie, kuźnie), mają w korzystny sposób wdrażać koncepcje „Przemysłu 4.0”.

Ustanowienie standardów ochrony danych prawdopodobnie nie powiodłoby się obecnie z powodów ekonomicznych. Bezpieczeństwo danych jest powodem, dla którego wiele firm high-tech, takich jak zakłady stosujące obróbkę plastyczną, powstrzymuje się przed wchodzeniem w sieć z innymi firmami i instytucjami. Bezpieczeństwo danych będzie największym wyzwaniem dla „Przemysłu 4.0”.

Jedną z wizji „Przemysłu 4.0” jest zakładana inteligencja, która ma prowadzić do szybszych i bardziej elastycznych rozwiązań, umożliwiającą korzystne wytwarzanie małych ilości lub pojedynczych sztuk. Stwierdzenia tego nie można uogólniać, jako że są już zakłady obróbki plastycznej, które działają w sposób ekstremalnie elastyczny i które mogą korzystnie

*Change of supplier during a production process due to an act of God [1]. By simulating the entire process chain an analysis of alternative suppliers and their qualifications is possible in real time. A faster replacement of suppliers is calculable and realistic.*

*Automatically driven cars. Automatically driven cars that can drive autonomously and recognize other vehicles is becoming more and more a reality.*

#### 4. IMPLEMENTATION OF INDUSTRY 4.0 IN THE METAL FORMING INDUSTRY

*Chapter 2 and 3 of this paper describe the visions and initial implementation of the so-called 4<sup>th</sup> technical revolution. The question has arisen how these new technical possibilities can be implemented into existing metal forming production businesses, and if the concept of Industry 4.0 has considered all measures necessary to retain and secure a production site. [2] details innovations that consider the 4<sup>th</sup> technical revolution as evolution. The autonomous capabilities of products foreseen in factories of the future are viewed critically here. RFID and bar-codes are sufficient in most cases, e.g. modern automobile production facilities [2].*

*There are no guidelines available concerning how traditional production businesses that are also important in manufacturing (rolling mills, forging shops) are supposed to implement the concepts of Industry 4.0 in a profitable way.*

*The establishment of data protection standards would currently probably fail due to economic reasons. Data security issues deter many high-tech companies such as metal forming factories from networking with other companies and institutions. Data security will be Industry 4.0's greatest challenge.*

*One vision of Industry 4.0 is the supposed intelligence that is intended to lead to faster and more flexible solutions which will make it possible to manufacture smaller quantities or single pieces profitably. This statement cannot be generalized as there already are metal forming companies who operate in an extremely flexible way and who can produce small quantities or single pieces profitably by using modern simulation and optimization programs.*

produkować małe ilości lub pojedyncze sztuki, wykorzystując nowoczesne programy symulacji i optymalizacji.

Zakłady obróbki plastycznej mogą być firmami małymi, średnimi albo częściami wielkich korporacji. Infrastruktura IT tych firm może być bardzo zróżnicowana: od małych firm rzemieślniczych (np. kuźni młotowej) do firm wysoce zautomatyzowanych (walcownie, samochodowe linie tłoczenia). Wdrożenie koncepcji „Przemysłu 4.0” w tych obszarach jest zatem bardzo trudne. Mniejsze zakłady kuźnicze rzadko przyjmują idee „Przemysłu 4.0”. Instalacja czujników i interfejsów w tych firmach jest obecnie nieekonomiczna. Bardziej postępowe małe i średnie firmy mogą pracować w kooperacji z instytucjami badawczymi i zlecać symulacje swoich procesów produkcyjnych w celu uzyskania zaleceń do optymalizacji łańcuchów produkcyjnych i wyrobów (zmniejszenie zużycia materiałów i energii, wydłużenie trwałości narzędzi, poprawa jakości wyrobów), a to jest już wielkim postępem. Dalsze zaangażowanie „Przemysłu 4.0” jest możliwe w dziedzinie logistyki; tj. połączenie łańcucha dostaw między dostawcą surowca, wytwórcą i klientem. Byłoby to możliwe z odpowiednim oprogramowaniem.

W wysoce zautomatyzowanych zakładach obróbki plastycznej sprawy wyglądają inaczej. Oto przykład dużego zakładu kuźniczego. Duża nowoczesna firma kuźnicza ma już możliwość symulowania całego procesu produkcyjnego i przewidywania finalnych własności kutego wyrobu. Komputerowo obliczone, zoptymalizowane parametry produkcji są kontrolowane przez czujniki. Na podstawie informacji szybkie modele on-line mogą informować operatora o rzeczywistych parametrach procesu i ich wpływie na własności kutego wyrobu, np. rozkład odkształcenia, zakres temperatury, mikrostrukturę (rys. 3).

*Metal forming companies can be small or medium-sized companies or parts of large corporations. The IT infrastructure of these companies can vary widely, from small skilled trade companies (e.g. hammer forge) to highly automated companies (rolling mills, automotive deep drawing lines). The implementation of Industry 4.0 in these areas is therefore extremely difficult. Smaller forging companies will rarely adopt all the ideas of Industry 4.0. The installation of sensors and interfaces in these companies is currently not economical. More progressive small and medium sized companies may work in cooperation with research institutes and have their production processes simulated in order to obtain recommendations for optimizing their production chains and products (reduction of material and energy consumption, prolonging service life of tools, improvement of product quality). This alone would be immense progress. Further involvement of Industry 4.0 is possible in the area of logistics i.e. connecting the delivery chain between raw-material supplier, manufacturer and customer. This would be possible with suitable software.*

*In highly automated large metal forming companies things look rather different. Here is an example of a large forging company. A modern large forging company is already capable of simulating an entire production process and predicting the final properties of a forged product. The computer calculated optimized production parameters are controlled by sensors. Based on this information fast online models can inform the operator of the actual process parameters and their influence on the forged properties, e.g. strain distribution, temperature window, microstructure (fig. 3).*

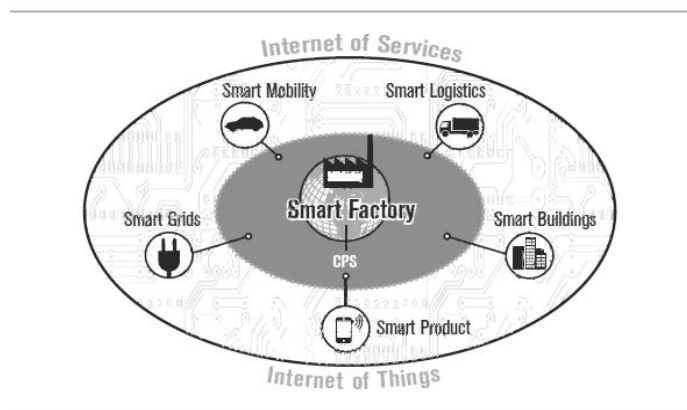


Rys. 3. Modele procesu do szybkiego obliczania online miejscowych i integralnych parametrów podczas kucia [3]

*Fig. 3. Process models for fast online calculation of local and integral parameters during forging [3]*

Można rozważyć dalsze sieciowanie w dziedzinie kucia swobodnego; na przykład, przyszła firma kucia swobodnego, która byłaby INTELIGENTNĄ fabryką, połączoną w sieci z otoczeniem. Inteligentny zakład obróbki plastycznej byłby fabryką z zerowym odpadem, z kompletną fabryką wirtualną jako narzędziem projektowania i kontroli, zanurzoną w inteligentnym otoczeniu.

*Further networking in the open-die forging area could be considered e.g. a future open-die forging company which would be a SMART factory, networked with its environment. A smart metal forging factory will be a zero waste factory with a full virtual factory as a design and control tool, embedded in a smart environment.*



Rys.4. Inteligentna fabryka [1]

*Fig. 4. Smart factory [1]*

## 5. CZEGO NIE MOŻNA IGNOROWAĆ MIMO ZNACZENIA „PRZEMYSŁU 4.0”?

Ukierunkowania „Przemysłu 4.0” wyraźnie skupione jest na sieciowaniu firm i systemów. Logistyka będzie jednym z najbardziej odpowiednich obszarów realizacji „Przemysłu 4.0”. W większości informacji o „Przemysle 4.0” nie

## 5. WHAT CANNOT BE IGNORED DESPITE THE IMPORTANCE OF INDUSTRY 4.0?

*The focus of Industry 4.0 clearly lies on the networking of companies and systems. Logistics will be one of the most suitable areas to realize Industry 4.0. In most information about Industry 4.0 no reference is made to the actual production*

ma odniesienia do rzeczywistej produkcji i technologii materiałowej, która jest podstawą produkcji. Jeżeli nie nastąpi tu postęp, nie będzie czego sieciować! Ci, którzy pracują w kierunku ważnych innowacji w ramach technologii wytwarzania i materiałów utrzymają się, a nawet zwyciężą konkurencję!

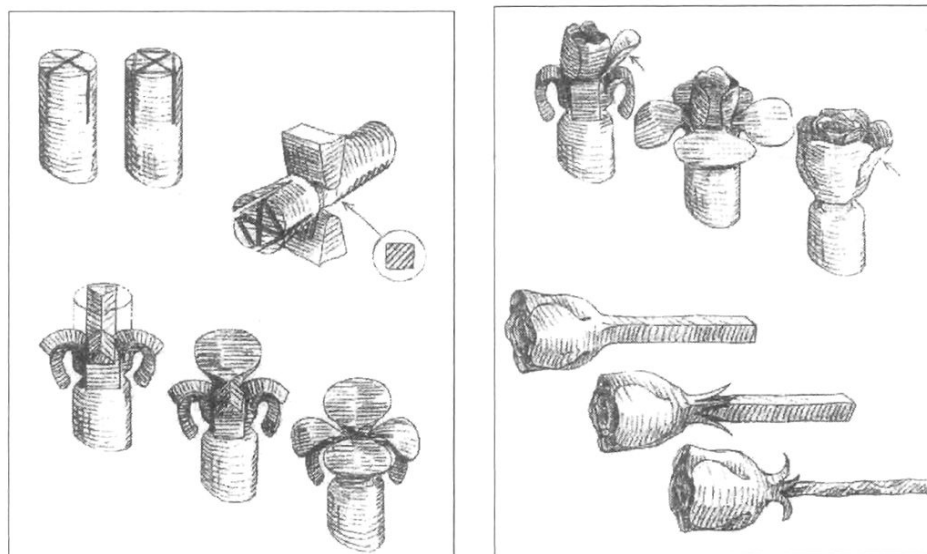
Nowe, wielkie kroki w innowacji następują przez wykorzystanie nowych efektów fizycznych/chemicznych, które poszerzają granice aktualnych procesów wytwarzania lub które tworzą zupełnie nowe wyroby. Przykładem takiego nowego produktu lub procesu jest tak zwana trójwymiarowa drukarka laserowa oparta na technologii laserowego spiekania. Jest to krok po kroku komputerowo sterowany proces, przez który z cząstek proszku tworzony jest skomplikowany kształt.

Innowacyjne, komputerowo sterowane, elastyczne, hybrydowe centrum kucia mogłoby działać dokładnie w przeciwny sposób; by kształtować geometrycznie skomplikowany przedmiot z obiektu prostego; np. kęśiska płaskiego, kloca lub pręta. Teorię tę potwierdzają techniki kowalskie. Od starożytności rozwijano techniki rzemieślnicze, by tworzyć złożone przedmioty z prostego plastycznie przerabianego materiału. Następujący rysunek przedstawia tworzenie róży z prostego stalowego pręta. Zastosowane techniki kucia to rozciąganie, ściskanie, wykrawanie i rozszczepianie.

*and material technology which is the basis for production. If no progress is made here there will be nothing to network! Those who work towards important innovations within manufacturing and material technologies will survive or conquer the competition!*

*New leaps in innovation occur by using new physical/chemical effects, which expand the boundaries of current manufacturing processes or which create completely new products. An example of such a new product or process is the so-called 3D Laser-Printer based on laser-sinter technology. This is a computer controlled step by step process by which a complicated form is created out of powder particles.*

*An innovative computer controlled flexible hybrid forging center could work in the exact opposite way to form a geometrically complex object out of a simple form, e.g. a slab, block or bar. Blacksmith techniques prove this theory. Since the ancient world craft techniques have been developed to create complex objects from simple wrought material. The following figure depicts the manufacturing of a rose from a simple steel bar. The forging techniques used are stretching, compressing, bending, punching and splitting.*



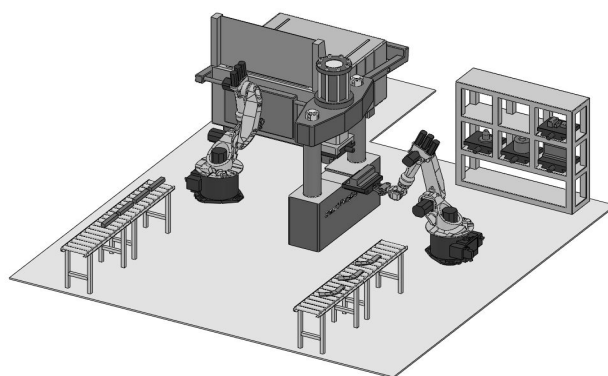
Rys. 5. Kroki kucia róży [4]

Fig. 5. Forging steps of a rose [4]



Takie złożone struktury można produkować na dużą skalę pod warunkiem, że firma kuźnicza ma w pełni komputerowo sterowane i hybrydowe urządzenia. Hybrydowe oznacza integrację różnych systemów wytwarzania takich, jak kształtowanie, obróbka cieplna, cięcie itd. Kilka narzędzi do kształtowania, wykrawania, cięcia itp. przechowuje się w magazynku. Rys. 6 przedstawia taką koncepcję.

*These complex structures could also be produced on a large-scale provided the forging company has an extremely flexible and fully computer controlled and hybrid facility. Hybrid means the integration of different manufacturing systems such as forming, heat treatment, cutting, etc. Several tools for forming, punching, splitting and so on are stored in a tool magazine. Fig. 6 illustrates such a concept.*



Rys. 6. Elastyczne, hybrydowe centrum kształtowania trójwymiarowego

*Fig. 6. 3D Flexible Hybrid Forming Center*

Dwie konkurencyjne technologie produkcyjne – trójwymiarową drukarkę laserową i elastyczne trójwymiarowe hybrydowe centrum kształtowania, porównano w tab. 1.

*The two competitive technologies for production technology, 3D Laser Printer and 3D Flexible Hybrid Forming Center are compared in the following table (tab. 1).*

Tab. 1. Porównanie dwu konkurencyjnych technologii

*Tab.1. Comparison of the two competitive technologies*

Dwie konkurencyjne technologie <i>Two competitive technologies</i>	
Drukarka laserowa 3D <i>3D Laser Printer</i>	Elastyczne trójwymiarowe hybrydowe centrum kształtowania <i>3D Flexible Hybrid Forming Center</i>
Symulacja CAD operacji procesu <i>CAD simulation of process steps</i>	Symulacja CAD operacji procesu <i>CAD simulation of process steps</i>
Proszek <i>Powder</i>	Kęsisko / kłoc <i>Slab / block</i>
W pełni automatyczne wytwarzanie wyrobu przez: technologię laserową 3D <i>Fully automatic manufacturing of the product by: 3D Laser technology</i>	W pełni automatyczne wytwarzanie wyrobu przez: trójwymiarowe elastyczne hybrydowe centrum kształtowania <i>Fully automatic manufacturing of the product by: 3D Flexible hybrid forming center</i>

Urządzenie sterowane za pomocą IBF można uważać za pierwszy krok w kierunku ekstremalnie elastycznej maszyny do kształtowania trójwymiarowego (rys. 7).

*An IBF operated facility can be seen as the first step towards an extremely flexible 3D forming machine (fig. 7).*



Rys. 7: Wspomagane robotem centrum kucia w IBF [3]

Fig. 7: Robot-assisted forging center at IBF [3]

Inną dziedziną, w której mogą nastąpić wielkie postępy w innowacji, jest technologia materiałowa. Zwiększona odkształcalność i wytrzymałość mogą znacznie wpłynąć na procesy produkcyjne, na przykład przez zwiększanie lub zmniejszanie ilości faz produkcji albo zmniejszanie zużycia materiału w wyrobie.

Teoretyczna wytrzymałość metali jest ok. 10 razy wyższa niż wytrzymałość obecnie nowoczesnych materiałów. Materiały hybrydowe, np. stal-węgiel lub aluminium-węgiel mają również ogromny potencjał, szczególnie w konstrukcjach lekkich.

## 6. ZAKOŃCZENIE

Istnieją liczne inicjatywy realizacji „Internetu rzeczy i usług – Przemysłu 4.0”. Wielu mówi o czwartej rewolucji przemysłowej, inni o ewolucji. W wielu dziedzinach nastąpił wzrost zastosowania technologii komputerowych. Zaawansowane sieciowanie z innymi firmami, dobrze pomyślane sieci, logistyka itd. są możliwe. Inne mniejsze lub tradycyjne firmy są jeszcze daleko odsunięte od wizji „Przemysłu 4.0”.

Mimo korzyści wynikających z dalszego stosowania technologii komputerowej w naszym życiu, nie wolno zapominać, że zakłady produkcyjne mogą się utrzymać tylko dzięki rozwojowi nowych idei materiałów, procesów i produktów. Wykorzystanie informacji z zakresu fizyki i chemii tudzież studium natury jako

*Another area in which leaps in innovation could occur is material technology. Increased formability and strength could significantly influence production processes e.g. by increasing or reducing the production stages or by reducing the material usage in the product.*

*The theoretical strength of metals is approx. 10 times higher than the current strength of modern materials. Hybrid materials e.g. steel-carbon or aluminum-carbon also possess huge potential, particularly in lightweight construction.*

## 6. CONCLUSION

*There are currently numerous initiatives to realize “The Internet of Things and Services-Industry 4.0”. Many are talking of a 4<sup>th</sup> industrial revolution, others of an evolution. Computer technology has progressed in many areas. Advanced networking with other businesses, Smart Grids, Smart Logistic etc. is possible. Other smaller or traditional companies are still far removed from the visions of Industry 4.0.*

*In spite of all the advantages of further application of computer technology in our lives, especially in manufacturing, it must not be forgotten that production sites can only be retained by the development of new material, process and product ideas. The usage of physical and chemical information and the study of nature as*

mistrza dla nowych produktów są potrzebne jako baza dla „Przemysłu 4.0”. Kształcenie przyszłych technologów nie może tracić z oczu technologii materiałowej i technologii produkcji jako podstawowego przedmiotu opartego na prawach fizyki i chemii. Pełne plony, korzyści z „Przemysłu 4.0” można będzie zebrać dopiero, gdy zagwarantowany zostanie rozwój nowych produktów i procesów. Technologia kucia może stać się główną technologią kształtowania w przyszłości, jeżeli będzie rozwijana w kierunku elastycznego, hybrydowego systemu kształtowania, gdzie nowoczesne metody IT łączą kilka metod kształtowania i obróbki cieplnej.

*a master for new products are more necessary than ever as the basis for Industry 4.0. The education of future production engineers must not lose sight of production and material technology as a basic subject, based on the laws of physics and chemistry. The full benefits of Industry 4.0 can only be reaped when the development of new products and processes is guaranteed. The forging technology can become a main forming technology in the future if it is developed towards a Flexible Hybrid Forming system where several forming and heat treatment methods are linked by modern IT methods.*

## LITERATURA / REFERENCES

- [1] acatech, Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0, Final Report of the Industry 4.0 working group.
- [2] Interactive, Das Kundenmagazin des Fraunhofer IPA / 2.2012, Prof. Alexander Verl.
- [3] Information from IBF.
- [4] Blacksmiths Journal July 1998, author: Helmut Hillenkamp.

