

# **TEZĂ DE ABILITARE**

**OPTIMAL-HOLISTIC-INTEGRATED CONTROL OF THE MACHINE-PROCESS  
COUPLE & NEW APPROACHES IN PROFILING THE CUTTING TOOLS**

**CONTROLUL OPTIMAL-HOLISTIC-INTEGRAT AL CUPLULUI MAȘINĂ – PROCES  
ȘI NOI ABORDĂRI ÎN PROFILAREA SCULELOR AȘCHIETOARE**

**prof. dr. ing. Gabriel Frumușanu**

**ABSTRACT**

According to both the mandatory minimal standards (specific to *Industrial engineering* domain of doctoral studies) and the provisions relating to the Regulation concerning the habilitation conferment in “Dunărea de Jos” University of Galați, this habilitation thesis presents the candidate most significant scientific and professional achievements subsequent to the last promotion (at the professor degree, 2004). He was graduated as PhD in the branch of science *Technique*, namely in the *Cutting processes & tools* field (corresponding today to the *Industrial engineering* domain of doctoral studies), in 1999. The candidate doctoral thesis is entitled “Contributions to profiling the cutting tools for machining the bevel gears of the precessional transmissions”.

The major area of his researches may be defined as “*Machining processes & operations management*”. Inside it, there is the “*Cutting processes, machining operations & systems*” domain, which is the subject of almost all scientific activity performed. The candidate achievements in the above mentioned research area can be grouped on two topics: I - *Optimal-holistic-integrated control of the machine-process couple*, and II - *New approaches in profiling the cutting tools, which generate by enwrapping*.

Regarding the first topic, it should be noticed that by developing and implementing the concept of optimal-holistic-integrated control, a significant improvement of machining activities performance can be reached – here, by performance meaning the multitude of aspects concerned in general: quality, stability, efficiency, and environmental impact. Besides defining and substantiating this concept, another achievement from this domain, deserving to be mentioned, is the elaboration of a new strategy concerning the machining process dimensional control, together with an implementation solution in a practical problem of high interest – machining of the stern tube bushes from the ships. A new approach regarding the stability control, lying on the Chaos theory, followed by the development of a method for early detection of the regenerative instability in turning, before the unwanted consequences occur, has been released. The design and implementation in practice (on a lathe) of an intelligent system for stability control, the conceptual development of an adaptive-optimal system for monitoring the machining process, and the definition of a global-optimal approach regarding the machining operations control should also be mentioned. An important part of these results issued from the development of a research project of “Ideas” type, between 2009 and 2011, entitled “A new theory concerning cutting stability, based on process chaotic dynamics and its application to stability intelligent control”, which the candidate has coordinated. Related to the above-mentioned achievements, 31 scientific papers have been published (of which 3 in ISI

journals and other 7 in ISI proceedings volumes) and 3 patents have been requested to OSIM (the demands being registered, published and in present analyzed).

The second topic of candidate researches resulted by the continuation of his doctoral researches from the cutting tools interest area. By starting from the important role that they play inside the technological system frame, impacting the machining precision, but also from the machining technologies evolution, imposed – among other – by the need of generating very complex surfaces, one should consider the development and application of new methods for profiling the tools generating by enwrapping as a very important matter. In the direction of the researches presented in the doctoral thesis, having as target the development of a precessional gear with high technologicity, the candidate have led (in 2003-2004) a research CNCSIS Grant entitled “A new algorithm to study the enwrapped surfaces with application in spiroid worm gear synthesis”. The project contributed to the development of a new spiroid gear with high performances and improved technologicity. Other researches performed led to a new method for cutting tools profiling, which involves the approximation of complex surfaces equations by Bézier polynomial functions and enables to have simpler forms of the manipulated equations, without affecting the precision of the results that remains adequate to the targeted purpose. It was also developed a significant number of profiling algorithms lying on the application of the complementary theorems (Minimum distance method, Tangents method, Substitutive circles family method, Plain trajectories method), in order to solve several problems from the industrial practice. By the development of the graphical designing environments (of CATIA type), the opportunity for capitalizing their remarkable capacities by developing a new, graphical method for tools profiling did appear. This method was applied for giving solution to some concrete problems. Every time, the solution resulted in this way has been referred to the one found by analytical methods, which highlighted the new method advantages (simplicity, rapidity, intuitive character) but also the very high precision of the results. Last but not least, they can be mentioned the results obtained in profiling tools needed for generating complex surfaces (e.g. the thread of the dental implants screw or the cylindrical cycloidal worms from the helical pumps). The results of the researches from this second topic were disseminated through 30 scientific articles (including one in an ISI journal) and they enabled to obtain 2 patents.

After the main scientific and professional achievements, the habilitation thesis also presents a career development plan, which has as scientific strategic target the enhancement of the machining processes performance by developing a new generation of machining systems, underpinned by a new philosophy: man decides *what* he wants to produce, while the machine decides *how* to do this, in optimal conditions. The plan also enounces several scientific projects that, by further continuing the up-to-now researches, could lead to reaching the above-mentioned target.

## REZUMAT

Pentru a fi în acord atât cu standardele minimale și obligatorii specifice domeniului de studii universitare de doctorat *Inginerie industrială*, cât și cu prevederile Regulamentului privind obținerea atestatului de abilitare în Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați, teza de abilitare de față prezintă cele mai importante realizări științifice și profesionale de după ultima promovare (la gradul didactic de profesor, 2004). Titlul de doctor în ramura de științe *Tehnică*, specializarea *Așchiere și scule așchietoare* (corespunzând, actualmente, domeniului de studii universitare de doctorat *Inginerie industrială*), a fost obținut în 1999, cu teza intitulată „Contribuții la studiul profilării sculelor pentru prelucrarea roților dințate conice ale angrenajelor precesionale”.

Domeniul științific major, în care se înscriu cercetările pe care candidatul le-a desfășurat sistematic, este *Managementul proceselor și operațiilor de prelucrare prin așchiere*. În cadrul acestui domeniu, *procesul și sistemul tehnologic de prelucrare prin așchiere* au fost subiectele abordate cu predilecție. Cele mai importante realizări științifice obținute pot fi grupate pe două direcții principale: I – *Controlul optimal-holistic-integrat al cuplului mașină-unealtă – proces de așchiere* și II – *Noi abordări în profilarea sculelor așchietoare care generează prin înfășurare*.

În ceea ce privește prima direcție, în viziunea autorului, prin dezvoltarea și prin implementarea conceptului de control optimal-holistic-integrat se poate obține o îmbunătățire semnificativă a performanței globale a activităților de prelucrare – aici fiind vizate toate aspectele care o compun: calitate, stabilitate, eficiență, impact asupra mediului înconjurător. În afara definirii și fundamentării acestui concept, alte realizări din acest domeniu care merită menționate sunt: elaborarea unei noi strategii privitoare la controlul dimensional al procesului de prelucrare, împreună cu o soluție de implementare într-o problemă practică de mare interes – prelucrarea bușelor de la tubul etambou al navelor; o nouă abordare referitoare la controlul stabilității, bazată pe Teoria haosului, finalizată prin dezvoltarea unei metode pentru depistarea tendinței de instabilizare a procesului de prelucrare înainte de apariția consecințelor nedorite; conceperea și implementarea practică a unui sistem inteligent pentru controlul stabilității; dezvoltarea conceptuală a unui sistem adaptiv-optimal de monitorizare a desfășurării procesului de prelucrare; definirea unei abordări global-optimale a controlului operațiilor tehnologice. O parte semnificativă a acestor rezultate decurg din derularea contractului de cercetare de tip Idei, desfășurat între 2009-2011 și intitulat „O nouă teorie a stabilității așchierii, care se bazează pe dinamica haotică a procesului, precum și aplicarea acesteia la controlul inteligent al stabilității”, coordonat de către candidat. În legătură cu aceste realizări, au fost publicate un număr de 31 de lucrări științifice (dintre care 3 în

jurnale ISI și 7 în „proceedings” indexate ISI) și au fost formulate 3 cereri de brevet, publicate și aflate în curs de examinare pe fond.

A doua direcție principală pentru cercetările candidatului s-a constituit prin continuarea cercetărilor doctorale din domeniul sculelor așchietoare. Pornind de la rolul important pe care acestea îl joacă în cadrul sistemului tehnologic, cu impact asupra preciziei de prelucrare, dar și de la evoluția tehnologiilor de prelucrare prin așchiere, impusă - printre altele - și de necesitatea generării unor suprafețe deosebit de complexe, autorul a considerat ca importantă dezvoltarea și aplicarea unor noi metode de profilare a sculelor care generează prin înfășurare. În linia cercetărilor prezentate în teza de doctorat, având ca obiectiv imaginarea unui angrenaj precesional cu tehnologicitate sporită, candidatul a condus (în 2003-2004) un proiect de cercetare tip Grant CNCSIS intitulat „Un nou algoritm pentru studiul suprafețelor în înfășurare cu aplicații în sinteza angrenajului melcat spiroid”, care a contribuit la dezvoltarea unui angrenaj spiroid cu performanțe ridicate și tehnologicitate îmbunătățită. Alte cercetări care au fost desfășurate au condus la o nouă metodă de profilare a sculelor așchietoare, care presupune aproximarea ecuațiilor suprafețelor complexe prin polinoame Bézier, rezultând forme mai simple ale ecuațiilor manipulate, precizia de determinare a profilurilor înfășurătoare rămânând suficient de ridicată pentru scopul urmărit. De asemenea, a fost dezvoltat un număr semnificativ de algoritmi de profilare bazați pe aplicarea teoremelor complementare (metoda distanței minime, metoda tangentelor, metoda familiei de cercuri substitutive, metoda traiectoriilor plane), pentru rezolvarea unor probleme practice. Prin dezvoltarea mediilor grafice de proiectare asistată (de tip CATIA), a apărut oportunitatea valorificării posibilităților remarcabile oferite de acestea prin dezvoltarea unei metode grafice de profilare a sculelor, metodă care a fost aplicată pentru soluționarea unor probleme concrete. De fiecare dată, soluția astfel obținută a fost comparată cu o soluție analitică, fapt care a evidențiat atât avantajele noii metode (simplitate, rapiditate, caracter intuitiv), cât și precizia remarcabilă a rezultatelor. Nu în ultimul rând, se pot menționa realizările legate de profilarea unor scule pentru generarea unor suprafețe complexe, cum ar fi filetele șuruburilor pentru implanturi dentare sau melcii cilindrici cicloidal din construcția pompelor elicoidale. Rezultatele din cadrul acestei direcții de cercetare au fost diseminate prin 30 de lucrări științifice (inclusiv o lucrare de jurnal ISI) și au permis obținerea a două brevete de invenție.

În afara principalelor rezultate obținute, teza de abilitare mai prezintă și un plan de dezvoltare a carierei, care are ca obiectiv științific strategic creșterea performanței proceselor de prelucrare prin proiectarea unei noi generații de echipamente tehnologice, bazată pe o nouă filozofie: omul definește piesa necesară, în timp ce mașina stabilește cum să o producă, în condiții de optimalitate. Planul enunță și o serie de proiecte științifice care, continuând cercetările de până acum, pot conduce la progresul către atingerea obiectivului mai sus-menționat.