

ANALIZA GRADULUI DE COMPRIMARE A GARNITURILOR DIN TPV-E PENTRU PORTIERELE DE AUTOMOBIL

COMPRESSION GRADE ANALYSIS OF AUTOMOTIVE DOOR SEALS MADE FROM TPV-E

Christian ASTALOSCH*, Cătălin George ATANASIU**

*BMW AG Regensburg, Germany

**Transilvania University of Brasov, Romania

Rezumat. Reducerea costurilor în industria de automobile se poate realiza prin utilizarea unor materiale noi, capabile să satisfacă cerințele tehnice impuse, dar cu avantaj economic. Astfel de materiale sunt în cazul parapetului interior al portierei combinația TPV-E/PP (elastomer termoplastice vulcanizat / polipropilena). Ca orice materiale noi, TPV-E și PP aduc cu sine o serie de întrebări de natură tehnologică și de design, ce trebuie rezolvate. Una dintre aceste probleme este gradul de comprimare a materialului în faza ulterioară prelucrării termice (extrudare). Acest grad de comprimare este esențial pentru respectarea toleranțelor de lungime, de regulă ± 1 mm, impuse de necesitățile funcționale în automobil. Studiile desfășurate arată o dependență între temperatura mediului înconjurător (în zona de condiționare) și gradul, respectiv timpul, de comprimare a parapetului. Concluzia finală a autorilor este că toleranța de ± 1 mm pentru lungimea produsului finit nu poate fi atinsă fără condiționarea profilurilor debitate la supracotă. Acest pas tehnologic trebuie implementat înainte de stanțarea finală. Pentru a elimina influența temperaturii mediului înconjurător în zona de condiționare asupra intervalului de timp necesar atingerii comprimării maxime, autorii recomandă între extrudare și stanțarea finală o fereastră de condiționare de minim 4 ore.

Cuvinte cheie: TPV-E, PP, EPDM, extrudare, tăiere, toleranță, îngustare

1. Aspecte generale

Nevoia permanentă de reducere a costurilor în industria de automobile este o realitate contemporană. Aceasta se poate realiza până la o anumită limită prin eficientizarea proceselor de producție. O altă posibilitate constă în utilizarea unor materiale noi, capabile să satisfacă cerințele tehnice impuse, dar cu avantaj economic.

Pentru astfel de materiale sunt necesare studii ample ale proprietăților mecanice și a comportamentului fizic și chimic, în vederea validării pentru utilizarea în automobil. Aici trebuie inclusă și tematica toleranțelor de execuție, pentru a asigura integritatea componentei în automobil.

Abstract. Reducing costs in the automotive industry can be achieved by using new materials able to satisfy technical requirements, but with economic advantage. Such materials are for inner door waist belt the combination TPV-E/PP (vulcanized thermoplastic elastomer / polypropylene). Like any new materials, TPV PP-E and bring along a series of questions on the nature of technology and design, to be resolved. One of these problems is the degree of compression of the material in later phase thermal processing (extrusion). This degree of compression is essential for compliance with length tolerances, typically ± 1 mm, functional requirements imposed by car. Studies conducted show a dependence between the environmental temperature (in the conditioning) and the degree, respectively the time of compression the waist belt. The final conclusion of the authors is that tolerance of ± 1 mm length of the finished product can not be achieved without conditioning profiles cut to over dimension. This technological step to be implemented before final stamping. To remove the influence of environmental temperature in the conditioning on the time required to achieve maximum compression, the authors recommend between final extrusion and punching a conditioning window of at least 4 hours.

Key words: TPV-E, PP, EPDM, extrusion, cutting, tolerance, shrinkage

1. General aspects

Constant need to reduce costs in the automotive industry is a contemporary reality. This can be done to a certain limit by streamlining production processes. Another possibility is the use of new materials able to satisfy technical requirements, but with economic advantage.

For such materials are required extensive studies of mechanical properties and physical and chemical behavior, for validation to use in cars. This topic should be included and execution tolerances to ensure integrability in car component.

2. Descrierea materialelor folosite pentru sisteme de etanșare a portierei automobilului

Materialele folosite pentru sistemele de etanșare a portierei automobilului sunt polimerii, mai exact elastomerii (EPDM – etilena propilena dien monomer), elastomerii termoplastici (TPV-E - elastomer termoplastic vulcanizat) și termoplastele (PP - polipropilena). Natura solicitării din automobil, dinamica sau semidinamica este hotărâtoare pentru alegerea materialului.

EPDM este un elastomer obținut prin amestecarea polimerilor cu aditivi și vulcanizarea ulterioară a acestui amestec. Astfel iau naștere punți chimice ireversibile între molecule, asemănătoare celor din cauciucul natural. Aceasta este și explicația proprietăților elastice asemănătoare a celor două materiale. Paleta de variante EPDM este largă, particularitățile materialului fiind dependente de rețeta amestecului și de modul de procesare. Datorită proprietăților sale, EPDM se poate utiliza atât pentru elementele sistemului de etanșare a portierei solicitate dinamic (de exemplu: garnitura principală a portierei), cât și pentru cele solicitate semidynamic (de exemplu: parapetul interior al portierei).

TPV-E este un amestec între un element de bază de natură termoplastă (de exemplu: PP), particule de elastomer (EPDM) și eventual aditivi. În timpul mixării are loc vulcanizarea dinamică completă a elastomerului. Structura TPV-E se află între elastomeri și termoplaste. Analog termoplastelor se induce sub influența căldurii o stare plastică, după răcire materialul având din nou un comportament elastic. În cazul TPV-E natura legăturilor este fizică, cu caracter reversibil sub influența căldurii. Aceasta este și deosebirea esențială față de elastomeri. TPV-E se poate folosi pentru producerea de elemente de etanșare a portierei automobilului solicitate semidynamic.

PP este caracterizat de macromolecule cu formă lungă, care dezvoltă legături fizice. Influența termică cauzează o stare plastică în care remodelarea este posibilă. Datorită stabilității geometrice și a elasticității reduse, PP nu se utilizează singular la producerea elementelor de etanșare a portierelor. Soluția tehnică folosită constă în folosirea PP în zona de fixare a elementului de etanșare pe caroserie, pentru zonele elastice solicitate semidynamic utilizându-se TPV-E coextrudat.

Cu toate că o lungă perioadă de timp EPDM a reprezentat soluția standard pentru realizarea sistemelor de etanșare a portierei automobilului, utilizarea TPV-E sau a combinației TPV-E/PP

2. Description of materials used for the car door sealing systems

The materials used for the car door sealing systems are polymers, namely elastomers (EPDM - ethylene propylene diene monomer), thermoplastic elastomers (TPV-E - vulcanized thermoplastic elastomer) and termoplastele (PP - polypropylene). Nature of the request of the car, semi-dynamic or dynamic, is decisive for the choice of material.

EPDM is an elastomer obtained by blending polymers with additives and subsequent vulcanization of the mixture. Thus arise irreversible chemical bridges between molecules, similar to those of natural rubber. This is the explanation similar elastic properties of both materials. EPDM is wide range of options, materials and are dependent on prescription mixing and processing mode. Due to its properties, EPDM can be used for both elements of the door sealing system dynamic stress (e.g. main door seal) and for the required semi-dynamic (e.g. the inner waist belt of the door).

TPV-E is a mixture of a thermoplastics (e.g. PP), paricule elastomer (EPDM) and any additives. During mixing occurs complete dynamic vulcanization of the elastomer. TPV-E structure is between elastomers and thermoplastics. Analog to thermoplasts is induced a state under the influence of heat plastic, after cooling the material back with elastic behavior. If TPV-E bonds is physical nature, with reversible under the influence of heat. This is the essential difference from elastomers. TPV-E can be used for production of sealing elements required semi-dynamic car of the door.

PP is characterized by macromolecules with long form, which develops physical links. It causes thermal influence net, the remodeling is possible. Due to geometric stability and low elasticity, PP is not used to produce as single element door sealing elements. The solution technique is the use of PP in the fixing of seals on the body to elastic areas required using the semi-dynamic coextruded TPV-E.

Although a long time was EPDM solution for the realization of automotive door sealing systems, use of TPV-E or a combination TPV-E/PP always gains ground because the benefits:

câștigă permanent teren datorită avantajelor oferite:

- proprietăți și performanțe similare elastomerilor;
- procese simple de prelucrare, asemănătoare maselor plastice;
- grad mare de libertate în coextrudarea de materiale diferite;
- grad mare de libertate a design-ului;
- greutate redusă și astfel contribuție pozitivă la reducerea emisiilor automobilului;
- reciclabilitate 100%;
- bilanț energetic eficient la prelucrare, datorită lipsei vulcanizării;
- calitate ridicată a suprafeței;
- stabilitate geometrică ridicată și abateri dimensionale reduse.

- properties and performance similar elastomers;
- machining simple processes, like plastics;
- high degree of freedom in coextrusion of different materials;
- high degree of design freedom;
- lightweight thus positive contribution to reducing vehicle emissions;
- 100% recyclable;
- energy balance effective treatment due to lack of vulcanization;
- high surface quality;
- high geometric stability and low dimensional deviations.

3. Necesitatea studiului gradului de comprimare al materialului

Ca orice material nou, TPV-E (sau combinația TPV-E/PP) aduce cu sine o serie de întrebări de natură tehnologică și de design, ce trebuie rezolvate. Una dintre aceste probleme este gradul de comprimare a materialului în faza ulterioară prelucrării termice (extrudare). Acest grad de comprimare este esențial pentru respectarea toleranțelor impuse de necesitățile din automobil.

Pentru analiza acestei problematici, autorii pleacă de la exemplul parapetului interior al portierei, prezentat în Figura 1. Materialele folosite pentru realizarea acestuia sunt [1]:

- PP 50ShD - Mafill CR C1044 + Taboren PC33 T30 pentru zona rigidă de fixare;
- TPV-E 65ShA – Santoprene 121-67 W175 pentru zonele elastice.

3. The need to study the degree of compression grade for the material

Like any new material, TPV-E (or combination TPV-E/PP) brings a number of questions on the nature of technology and design, to be resolved. One of these problems is the degree of compression of the material in later phase thermal processing (extrusion). This degree of compression is essential to meet the tolerances required by the needs of the car.

To analyze this problem, the authors are starting from the inside of the door waist belt example, shown in Figure 1. Materials for waist belt in Figure 1 are [1]:

- 50ShD PP - CR C1044 + Taboren PC33 Mafill T30 for the rigid fixation;
- TPV-E 65ShA - Santoprene 121-67 W175 elastic areas.

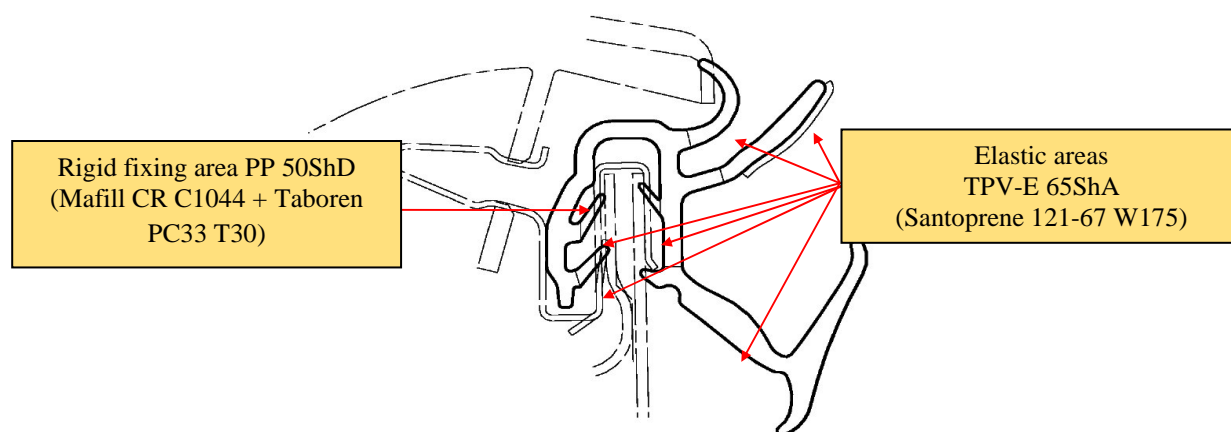


Figura 1. Parapetul interior al portierei – Soluția TPV-E/PP [1]

Figure 1. Inner door waist belt – TPV-E/PP solution [1]

Cerințele dimensionale și de toleranță pentru această componentă sunt prezentate în Figura 2. Așa cum se observă, domeniul de toleranță necesar este

Dimensional and tolerance requirements for this component are shown in Figure 2. As you can see, the required tolerance is ± 1 mm, both for the

de ± 1 mm, atât pentru zona rigidă de PP (linia a), cât și pentru buza superioară de TPV-E (linia c). Aceste toleranțe trebuie atinse în condiții de capabilitate statistică a procesului de producție.

rigid PP (line) and the superior lip TPV lip-E (line c). These tolerances must be achieved in terms of statistical production process capability.

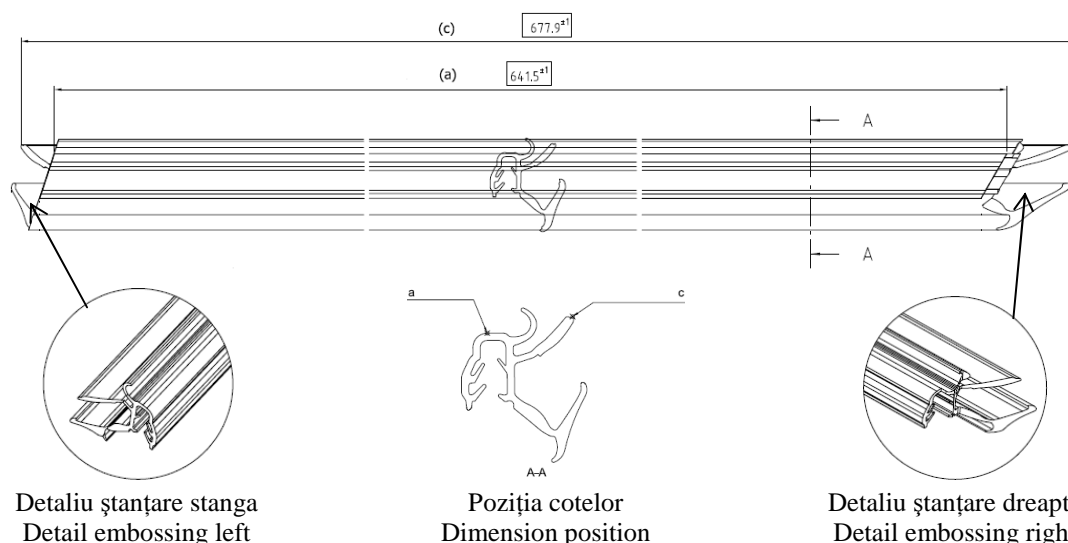


Figura 2. Extras din desenul de execuție al produsului finit pentru parapețul interior al portierei automobilului [1]
Figure 2. Extract from the execution drawing of the final product for inner waist belt of the car door [1]

Pașii tehnologici principali pentru realizarea parapețului descris anterior sunt prezentați în Figura 3.

Technological steps for manufacturing the waist belt described above are presented in Figure 3.

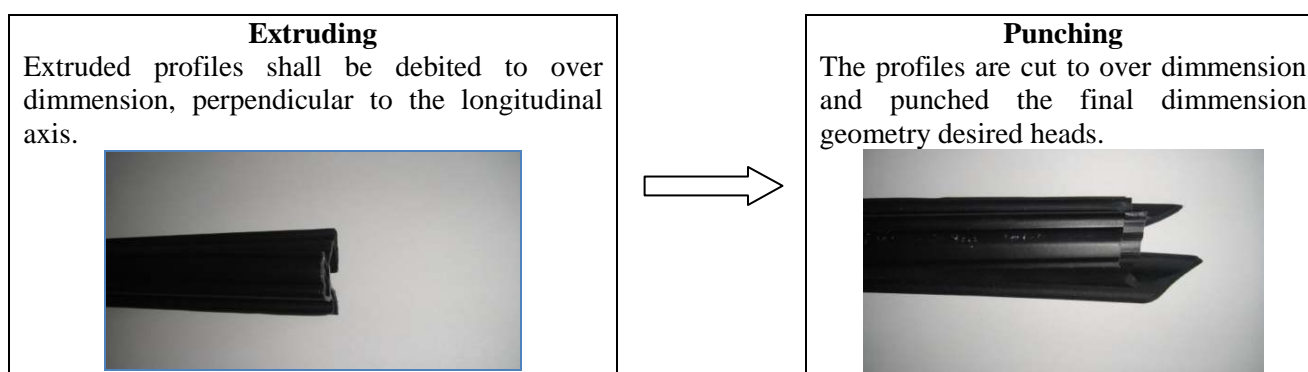


Figura 3. Pașii tehnologici principali pentru realizarea parapețului interior al portierei
Figure 3. Main technological steps in manufacturing the inner waist belt

Întrebările concrete pe care autorii și le pun în cadrul prezentului studiu sunt următoarele:

- Care este gradul maxim de comprimare longitudinală și transversală a materialului?
- Care este intervalul de timp necesar atingerii comprimării maxime?
- Care este influența temperaturii de procesare din scula de extrudare asupra gradului de comprimare?
- Care este influența temperaturii mediului înconjurător în zona de condiționare (stabilizare dimensională) asupra gradului de comprimare în primele 6 ore după extrudare?

Concrete questions, which the authors shall bring in the present study are the following:

- What is the maximum longitudinal and transverse compression of the material?
- What is the time required to achieve maximum compression?
- What is the influence of processing temperature of the extrusion tool on the degree of compression?
- What is the influence of temperature in the conditioning environment (dimensional stability) the degree of compression in the first 6 hours after extrusion?

4. Studiul gradului de comprimare al materialului pentru parapetul interior al portierei automobilului

Pentru analiza gradului de comprimare al materialului au fost debitate, perpendicular pe direcția de extrudare, zece profiluri la cota de 725 mm. Setul de parametri folosit este cel din Tabelul 1. Profilurile au fost măsurate de-a lungul liniilor a și c, cu ajutorul unei aparaturi optice de măsură de înaltă precizie, imediat după debitare și la intervalele de timp arătate în Tabelele 2 și 3. Aceste tabele includ, pe lângă valorile măsurate, și gradul de comprimare al profilului.

Analizând datele obținute se observă că materialele folosite, PP și TPV-E, au grade maxime de comprimare longitudinală comparabile, de 0,35%, respectiv 0,36%. O altă observație importantă este că procesul de comprimare se încheie la un interval de timp de 2 ore după extrudare.

4. The study of the compression degree of the material for the car door's inner waist belt

To analyze the degree of compression of the material were debited perpendicular to the direction of extrusion, ten profiles to dimension 725 mm. The set of parameters is used in Table 1. Profiles were measured along lines a and c, optical devices using a high precision measurement, immediately after cutting and at the intervals shown in Tables 2 and 3. These tables include, in addition to measured values, and the degree of compression profile.

Analyzing the data obtained it is observed that the materials used, PP and TPV-S have comparable maximum longitudinal compression of 0.35% and 0.36%. Another important observation is that the compression process ends at a time of 2 hours after extrusion.

Tabelul 1. Setul inițial de parametri pentru studiul gradului de comprimare al parapetului interior al portierei
Table 1. Initial set of parameters to study the degree of compression of the inner door's the waist belt

Parameters	Values
Processing temperature in the extrusion tool	200° C
PP pressure into main extruder	90 bar
TPV-E pressure in co-extruder	155 bar
Extrusion speed	4.5 m/min
Water temperature for cooling resulted extruded profile	15 °C
Outside temperature into the conditioning area	29 °C

Tabelul 2. Centralizarea datelor pentru determinarea gradului de comprimare a zonei rigide din PP a parapetului (linia a) la o temperatura a mediului inconjurator de 29 °C
Table 2. Centralization of data for determining the degree of compression of rigid PP the waist belt area (line) at a environmental temperature of 29 °C

	Hour	Hour	Difference		Hour	Difference		Hour	Difference		Hour	Difference		Hour	Hour
	0:00h	0:30h	mm	%	1:00h	mm	%	1:30h	mm	%	2:00h	mm	%	2:30h	6:00h
Profile 1	725.26	724.13	1.13	0.16%	723.18	2.08	0.29%	722.96	2.30	0.32%	722.54	2.72	0.38%	722.55	722.53
Profile 2	724.52	723.17	1.35	0.19%	722.61	1.91	0.26%	722.24	2.28	0.31%	722.02	2.50	0.35%	722.00	722.05
Profile 3	725.36	724.52	0.84	0.12%	723.59	1.77	0.24%	723.52	1.84	0.25%	723.40	1.96	0.27%	723.42	723.43
Profile 4	725.48	724.18	1.30	0.18%	723.56	1.92	0.26%	723.26	2.22	0.31%	723.16	2.32	0.32%	723.16	723.13
Profile 5	723.27	722.16	1.11	0.15%	721.54	1.73	0.24%	721.11	2.16	0.30%	720.91	2.36	0.33%	720.90	720.88
Profile 6	723.48	722.18	1.30	0.18%	721.51	1.97	0.27%	721.23	2.25	0.31%	721.05	2.43	0.34%	721.08	721.04
Profile 7	724.75	723.39	1.36	0.19%	722.58	2.17	0.30%	722.38	2.37	0.33%	722.30	2.45	0.34%	722.29	722.32
Profile 8	724.52	723.48	1.04	0.14%	722.53	1.99	0.27%	722.07	2.45	0.34%	721.88	2.64	0.36%	721.85	721.86
Profile 9	724.57	723.18	1.39	0.19%	722.54	2.03	0.28%	722.42	2.15	0.30%	721.80	2.77	0.38%	721.83	721.79
Profile 10	725.11	723.52	1.59	0.22%	722.95	2.16	0.30%	722.51	2.60	0.36%	722.23	2.88	0.40%	722.20	722.18
											Average	722.13	2.50	0.35%	

Tabelul 3. Centralizarea datelor pentru determinarea gradului de comprimare a buzei superioare din TPV-E a parapetului (linia c) la o temperatură a mediului înconjurător de 29 °C
 Table 3. Centralization of data for determining the compression grade for the lip of the waist belt TPV-E (line c) at a environmental temperature of 29 °C

	Hour		Difference		Hour		Difference		Hour		Difference		Hour		Hour	
	0:00h	0:30h	mm	%	1:00h	mm	%	1:30h	mm	%	2:00h	mm	%	2:30h	6:00h	
Profile 1	725.26	723.95	1.31	0.18%	723.02	2.24	0.31%	722.86	2.40	0.33%	722.39	2.87	0.40%	722.36	722.38	
Profile 2	724.52	723.09	1.43	0.20%	722.42	2.10	0.29%	722.05	2.47	0.34%	721.90	2.62	0.36%	721.92	721.89	
Profile 3	725.36	724.44	0.92	0.13%	723.41	1.95	0.27%	723.32	2.04	0.28%	723.26	2.10	0.29%	723.27	723.27	
Profile 4	725.48	724.11	1.37	0.19%	723.23	2.25	0.31%	722.93	2.55	0.35%	722.87	2.61	0.36%	722.86	722.83	
Profile 5	723.27	721.90	1.37	0.19%	721.25	2.02	0.28%	720.81	2.46	0.34%	720.67	2.60	0.36%	720.65	720.64	
Profile 6	723.48	721.97	1.51	0.21%	721.40	2.08	0.29%	721.05	2.43	0.34%	720.95	2.53	0.35%	720.98	720.96	
Profile 7	724.75	723.26	1.49	0.21%	722.45	2.30	0.32%	722.21	2.54	0.35%	722.03	2.72	0.38%	722.02	722.03	
Profile 8	724.52	723.11	1.41	0.19%	722.24	2.28	0.31%	721.97	2.55	0.35%	721.76	2.76	0.38%	721.73	721.75	
Profile 9	724.57	723.11	1.46	0.20%	722.42	2.15	0.30%	722.29	2.28	0.31%	721.90	2.67	0.37%	721.87	721.89	
Profile 10	725.11	723.48	1.63	0.22%	722.89	2.22	0.31%	722.43	2.68	0.37%	722.15	2.96	0.41%	722.20	722.17	
Average											721.99	2.64	0.36%			

Domeniile de împrăștiere a lungimii profilului pentru cele două materiale, după încheierea procesului de comprimare, sunt următoarele:

- PP – $722,13 \pm 1,25$ mm sau procentual formulat $722,13 \text{ mm} \pm 0,175\%$;
- TPV-E – $721,99 \pm 1,32$ mm sau procentual formulat $721,99 \text{ mm} \pm 0,180\%$.

Raportând gradele procentuale de comprimare la cotele a și c ale produsului finit ștanțat, rezultă următoarele domenii de toleranță, necesare doar datorită fenomenului de comprimare:

- PP – $641,5 \text{ mm} \pm 0,175\%$ sau altfel formulat $641,5 \pm 1,12$ mm;
- TPV-E – $677,9 \text{ mm} \pm 0,18\%$ sau altfel formulat $677,9 \pm 1,22$ mm.

Aici trebuie subliniat faptul că la domeniile de toleranță de mai sus trebuie adăugate și toleranțele necesare procesului de ștanțare finală. Așadar, datorită fenomenului de comprimare, abaterile de lungime ale produsului finit ar depăși domeniul de toleranță cerut de ± 1 mm.

Pentru evaluarea gradului de comprimare transversală au fost analizate secțiuni ale profilului, extrase perpendicular pe direcția de extrudare, la aceleași intervale de timp ca măsurătorile prezentate în Tabelele 2 și 3. Cu ajutorul unui proiector au fost comparate la scala 10:1 (Figura 4) contururile acestor secțiuni cu desenul de execuție. Figura 5 arată exemplificativ rezultatul unei astfel de comparații, în care linia albastră reprezintă conturul real, cea de culoare neagră fiind conturul din desenul de execuție.

Areas of scattering the length of the profile, after the compression process ends, are as follows for the two materials:

- PP - 722.13 ± 1.25 mm and or formulated percentage $722.13 \text{ mm} \pm 0.175\%$;
- TPV-E - 721.99 ± 1.32 mm or formulated percentage $721.99 \text{ mm} \pm 0.180\%$.

Reporting the percentage levels of compression rates a and c and the finished punched product, the following areas of tolerance, necessary only because the phenomenon of compression:

- PP - $641.5 \text{ mm} \pm 0.175\%$ or otherwise made 641.5 ± 1.12 mm;
- TPV-E - $677.9 \text{ mm} \pm 0.18\%$ or otherwise made 677.9 ± 1.22 mm.

Here must be sublime the fact that the areas of tolerance must be added and tolerances necessary for the final punching. So long deviations of the final product would exceed, due to compression phenomenon, called tolerance range of ± 1 mm.

To assess the degree of the transverse compression, profile sections were analyzed extracted perpendicular to the extrusion direction at the same intervals as the measurements presented in Tables 2 and 3. Using a beamer they were compared at scale 10:1 (Figure 4) the outlines of these sections with executive drawing. Figure 5 shows example results of such comparisons, the blue line represents the real contour, the black contour drawing is executed.



Figura 4: Metoda de analiza a conturului profilului
Figure 4: Analysis method for profile contour

În urma analizei geometriei secțiunilor, autorii au concluzionat că abaterile de contur cauzate de comprimarea transversală a materialului sunt neglijabile.

Așadar, pentru componente de automobil similare parapetului interior al portierei studiat, fenomenul de comprimare apare pe direcția de extrudare (longitudinal) și poate fi neglijat pentru secțiunile perpendiculare pe această direcție (transversal).

Metodologia de analiză descrisă mai sus a fost repetată, variind cu ± 10 °C temperatura de procesare din scula de extrudare. Astfel s-au obținut datele din Tabelul 4.

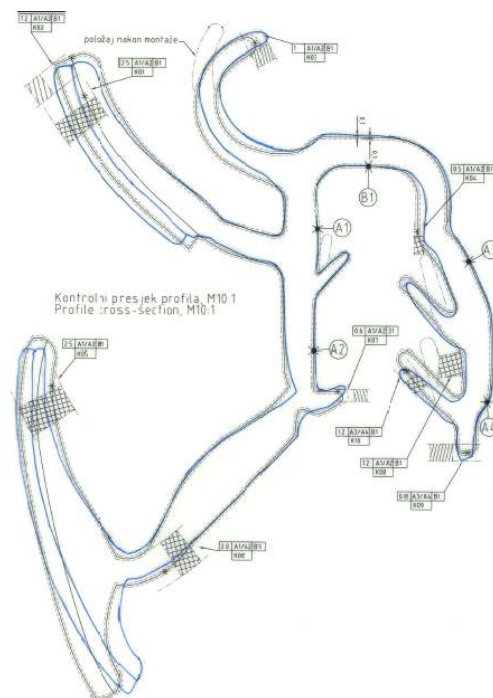


Figura 5: Rezultatul comparatiei secțiunii profilului real cu desenul de execuție

Figure 5: Resulted comparison between real profile section and execution drawing

After analyzing the geometry section, the authors concluded that the shape deviations caused by transverse compression of the material are negligible.

Therefore for car components, like the inner door waist belt studied, the phenomenon of compression occurs on the direction of extrusion (longitudinal) and can be neglected for sections perpendicular to this direction (transverse).

Analysis methodology described above was repeated, varying by ± 10 °C the processing temperature of the extrusion tool. Therefore the data from Table 4 have been obtained.

Tabelul 4. Gradul maxim de contracție a PP și TPV-E în funcție de temperatura de procesare din scula de extrudare
Table 4. The maximum degree of contraction of the PP and TPV-E depending on the the processing temperature of the extrusion tool

Processing temperature from the extrusion tool [°C]	Compression grade PP (Mafill CR C1044 + Taboren PC33 T30) [%]	Compression grade TPV-E (Santoprene 121-67 W175) [%]	Time interval for maximum compression [h]
190	0.34	0.35	2
200	0.35	0.36	2
210	0.36	0.37	2

Datele de mai sus pot fi reprezentate grafic conform Figurii 6. Așa cum se observă, gradul de comprimare al ambelor materiale variază cu 0,01%, direct proporțional cu fiecare 10 °C în scula de extrudare. Ținând cont că, din punct de vedere tehnologic, temperatura din scula de extrudare trebuie să fie cuprinsă într-un domeniu 200 ± 10 °C, diferențele dimensionale apărute la comprimare sunt de maxim 0,02%. Raportat la lungimea parapetului interior al portierei, aceste diferențe sunt neglijabile. De asemenea, nu se constată diferențe legate de timpul de condiționare necesar atingerii comprimării maxime.

Astfel se poate afirma că temperatura din scula de extrudare nu influențează esențial gradul de comprimare al profilului, atâta timp cât temperatura apei din baia de răcire este constantă.

The above data can be plotted in Figure 6. As you can see, the degree of compression of both materials varies by 0.01%, in direct proportion to each 10 °C in the extrusion tool. Considering that, in terms of technology, extrusion temperature tool must be within a range 200 ± 10 °C, the dimensional differences are maximum compression occurred at 0.02%. Compared to the inner door waist belt length, these differences are negligible. Also, the difference is not related to conditioning time necessary to achieve maximum compression.

Therefore we can say that the temperature of extrusion tool does not influence critical the compression grade of the profile, as long as the water temperature in the cooling bath is constant.

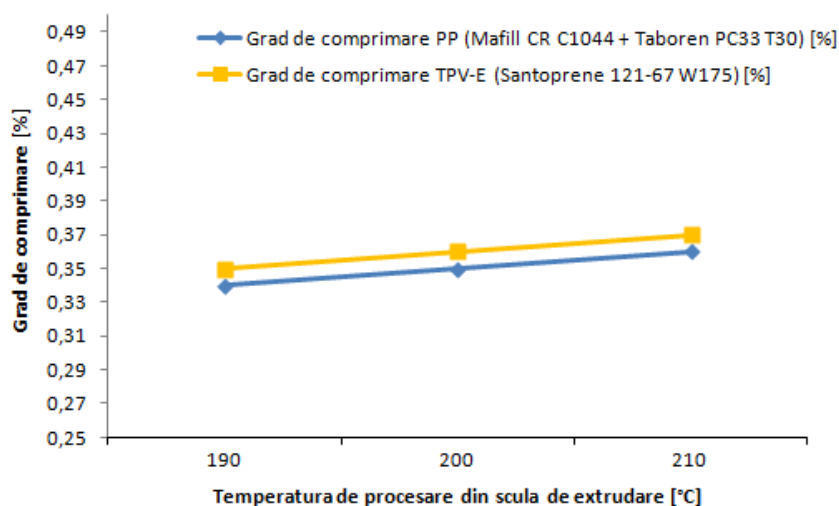


Figura 6. Dependența gradului de comprimare al profilului de temperatura din scula de extrudare
Figure 6. Compression grade of the profile vs. extrusion tool temperature

Următorul pas al analizei constă în determinarea dependenței dintre gradul de comprimare al profilului și temperatura mediului înconjurător în zona de condiționare. Pentru aceasta a fost refăcută analiza inițială, preluându-se cu o singură excepție setul de parametri enumerați anterior. Excepția constă în temperatura mediului înconjurător în zona de condiționare, care pentru noua analiză are o valoare de 20 °C. Valorile medii pentru cele zece profiluri măsurate, atât de-a lungul liniei a, cât și de-a lungul liniei c, sunt sistematizate în Tabelul 5.

Spre deosebire de măsurătorile desfășurate pentru o temperatură a mediului înconjurător de 29 °C, la temperatura de 20 °C intervalul de timp pentru atingerea comprimării maxime crește cu 30 min. De asemenea se observă o proporționalitate inversă între gradul de comprimare și temperatura

The next step of the analysis is determining the dependence of the degree of compression and temperature of the profile in the conditioning environment. For this initial analysis has been restored automatically, one exception is the set of parameters listed above. The exception consists in the environmental temperature in the conditioning area, which the new analysis has a value of 20 °C. Mean values for the ten profiles measured both along the line a, and along the line c, are systematized in Table 5.

Unlike the measurements performed for an environment temperature of 29 °C, at 20 °C the time to achieve maximum compression increases with 30 min. Is observed the inverse proportionality between the degree of compression and temperature in conditioning area. Therefore, the temperature

din zona de condiționare. Astfel, la scăderea temperaturii de la 29 °C la 20 °C gradul de comprimare crește cu 0,11%, atât pentru zona din PP, cât și pentru cea din TPV-E (Figura 7).

drops from 29 °C to 20 °C and the degree of compression increases by 0.11%, both for the PP, as well as for TPV-E (Figure 7).

Table 5. Centralizarea valorilor medii ale măsurătorilor pentru determinarea gradului de comprimare al profilului la o temperatură a mediului înconjurător de 20 °C [1]

Table 5. Centralization of average values for the measurements for determining the compression grade of the profile at a environmental temperature of 20 °C

	Hour	Hour	Difference		Hour	Difference		Hour	Difference	
	0:00h	0:30h	mm	%	1:00h	mm	%	1:30h	mm	%
PP (line a)	725.30	723.88	1.42	0.20%	722.91	2.39	0.33%	722.57	2.73	0.38%
TPV-E (line c)	725.25	723.72	1.53	0.21%	722.79	2.46	0.34%	722.43	2.82	0.39%

	Hour	Difference		Hour	Difference		Hour	Hour
	2:00h	mm	%	2:30h	mm	%	3:00h	6:00h
PP (line a)	722.26	3.04	0.42%	721.95	3.35	0.46%	721.97	721.94
TPV-E (line c)	722.15	3.10	0.43%	721.81	3.44	0.47%	721.80	721.82

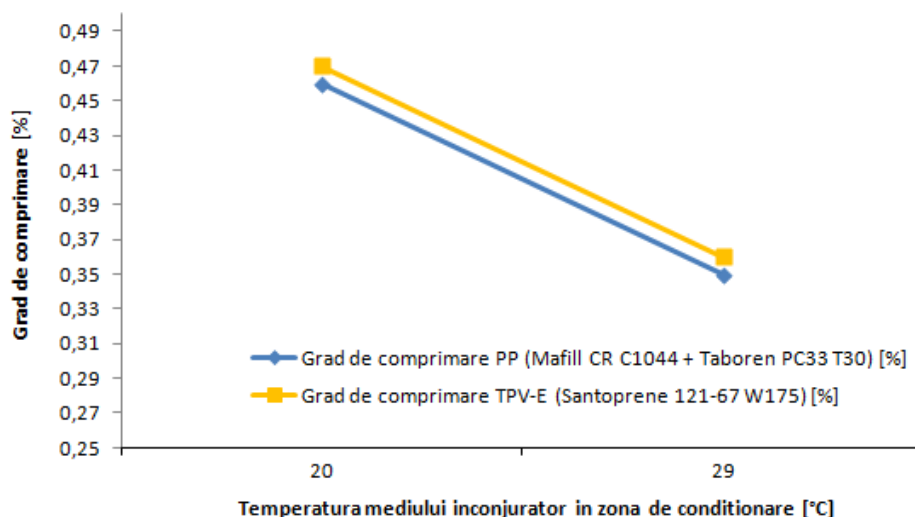


Figura 7. Dependența gradului de comprimare al profilului de temperatura mediului înconjurător în zona de condiționare
 Figure 7. Dependence of the degree of profile compression from environment temperature in the in conditioning area

Traducând în milimetri diferența de 0,11% dintre gradele de comprimare la temperaturi de condiționare de 20 °C și 29 °C se obține o diferență medie de lungime a produsului finit de circa 0,6 mm. Ținând cont că o cabină climatizată pentru condiționarea profilurilor ar crește prețul pe unitate într-un domeniu necompetitiv față de concurență, condiționarea trebuie să aibă loc la temperatura atmosferică, a cărei variație nu poate fi evitată. Variațiile dimensionale aferente fac imposibilă respectarea unei toleranțe de ± 1 mm, în cazul în care ștanțarea produsului finit ar avea loc fără condiționarea prealabilă a profilurilor debitate la supracotă.

Translating into millimeters the difference of 0.11% of the compression levels of conditioning temperature of 20 °C and 29 °C, are obtained an average difference in length of the finished product of about 0.6 mm. Considering that an air-conditioned cabin for conditioning profiles would raise the price per unit in a competitive field from the competition, conditioning must take place at atmospheric temperature, whose variation can not be avoided. Render the related dimensional variations of a tolerance of ± 1 mm, where punching the finished product would occur without preconditioning cut to over-dimension profiles.

5. Concluzii finale și recomandări

Sistematizând rezultatele obținute pentru parapetul interior al portierei, autorii formulează următoarele concluzii:

- pentru condițiile de testare din Tabelul 1, materialele PP (Mafill CR C1044 + Taboren PC33 T30) și TPV-E (Santoprene 121-67 W175) au grade maxime de comprimare longitudinală comparabile, de 0,35%, respectiv 0,36%;
- procesul de comprimare se încheie pentru ambele materiale la un interval de timp de 2 ore după extrudare;
- domeniile de împrăștiere a lungimii produsului finit, după încheierea procesului de comprimare, sunt $641,5 \pm 1,12$ mm pentru zona rigidă de fixare din PP și $677,9 \pm 1,22$ mm pentru buza superioară elastică din TPV-E;
- fenomenul de comprimare poate fi neglijat pentru secțiunile perpendiculare pe direcția de extrudare;
- variația temperaturii din scula de extrudare nu influențează esențial gradul de comprimare al profilului, atâta timp cât temperatura apei din baia de răcire este constantă;
- intervalul de timp pentru atingerea comprimării maxime crește odată cu scăderea temperaturii mediului înconjurător în zona de condiționare;
- gradul de comprimare și temperatura din zona de condiționare se află într-un raport de proporționalitate inversă astfel: la scăderea temperaturii de condiționare de la 29 °C la 20 °C gradul de comprimare crește cu 0,11%, atât pentru zona din PP, cât și pentru cea din TPV-E.

Concluzia finală a autorilor este că toleranța de ± 1 mm pentru lungimea produsului finit nu poate fi atinsă fără condiționarea profilurilor debitate la supracotă înainte de ștanțarea finală a acestora. Pentru a elimina influența temperaturii mediului înconjurător în zona de condiționare asupra intervalului de timp pentru atingerea comprimării maxime, autorii recomandă între extrudare și ștanțarea finală o fereastră de condiționare de minim 4 ore (Figura 8).

6. Validarea practică a rezultatelor

Pentru validarea practică a recomandărilor autorilor a fost produsă prin extrudare o șarjă de profiluri pentru parapetul interior al portierei debitate la supracotă. Acesta au fost condiționate 4 ore și ștanțate apoi la cota finală prin intermediul sculei din Figura 9.

5. Final conclusions and recommendations

Systematizing the results for the inner waist belt of the door, the authors formulate the following conclusions:

- for test conditions in Table 1, PP materials (CR Mafill C1044 + Taboren PC33 T30) and TPV-E (Santoprene 121-67 W175) have comparable maximum longitudinal compression of 0.35% and 0.36%;
- compression process ends for both materials at a time of 2 hours after extrusion;
- field scattering length of the finished product on end of compression, are 641.5 ± 1.12 mm for the rigid fixation of the PP and 677.9 ± 1.22 mm for elastic lip TPV-E;
- compression phenomenon can be neglected for sections perpendicular to the extrusion direction;
- temperature variation of the extrusion tool does not influence essentially the degree of compression of the profile as long as the cooling bath water temperature remains constant;
- time to achieve maximum compression increases with decreasing temperature into the conditioning environment;
- degree of compression and temperature of conditioning area is in inverse proportion report thus lower conditioning temperature from 29 °C to 20 °C increases and the degree of compression by 0.11%, both for the area PP, as well as for TPV-E.

Final conclusion of the authors is that tolerance of ± 1 mm length of the finished product can not be achieved without conditioning profiles cut to over-dimension, before their final stamping. To remove the influence of environment temperature in the conditioning area over the time to achieve maximum compression, the authors recommend between extrusion and final punching a conditioning window of at least 4 hours (Figure 8).

6. Practical validation of the results

To validate the recommendations of the authors, has been manufactured by extrusion a batch of profiles for the inner waist belt of the door, cut to over-dimension. It was conditioned 4 hours and then punched to final dimension through tool in Figure 9.

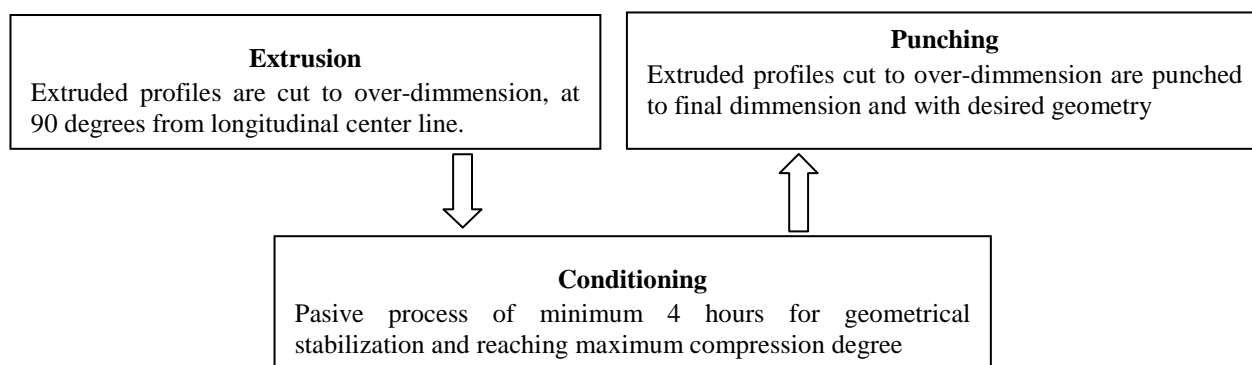


Figura 8. Pașii tehnologici recomandați de către autori pentru realizarea parapetului interior al portierei din PP/TPV-E
Figure 8. Technological steps recommended by the authors to manufacture the inner waist belt of the door from PP / TPV-E

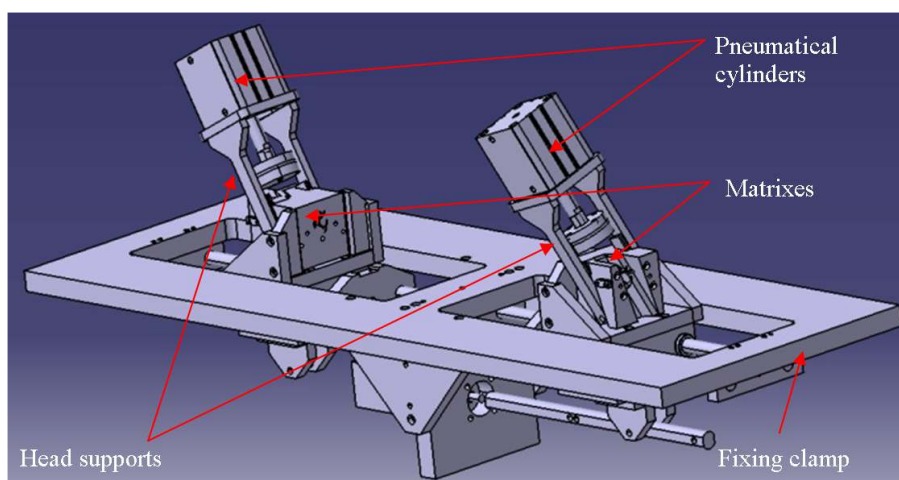


Figura 9. Scula de ștanțare [1]
Figure 9. Punching tool [1]

În vederea confirmării statistice a capabilității procesului de ștanțare a produsului finit, pentru o toleranță de lungime de ± 1 mm, au fost măsurate 30 unități din șarja produsă. Acestea au fost astfel alese încât împrăștierea lor să acopere întreaga șarjă. Analiza statistică pentru lungimea zonei rigide de fixare din PP (linia a) este prezentată în Tabelul 6.

În urma unui studiu statistic analog s-au obținut și pentru cota c rezultate similare.

Prin rezultatele pozitive ale analizei statistice de capabilitate a procesului de ștanțare, cu toleranța de lungime de ± 1 mm, este confirmată necesitatea fazei de condiționare a profilurilor între pasul de extrudare și cel de ștanțare.

In order to confirm statistical process capability of punching the finished product, for a length tolerance of ± 1 mm, were measured 30 units from batch manufactured. They were chosen, that their spread to cover the entire batch. Statistical analysis for rigid fixing zone length PP (line) is shown in Table 6.

Following a similar statistical study were obtained also for c mark dimension similar results.

The positive results of statistical analysis capability of the punching process, with length tolerance of ± 1 mm, it confirmed the need for conditioning phase profiles between the extrusion step and the punching.

References

1. Astalosch, C. (2010) *Inner waist belt*. Project with the company Fornix d.o.o. Dugi Rat/Croatia
2. Chiru, A., Scutaru, M.L., Vlase, S., Cofaru, C. (2010) *Materiale plastice și compozite în ingineria autovehiculelor (Plastics and composites in automotive engineering)*. Editura Universității Transilvania din Brașov. Brașov. ISBN 978-973-589-788-6 (in Romanian)
3. Eyerer, P., Hirth, T., Elsner, P. (2008) *Polymer Engineering: Technologien und Praxis (Polymer Engineering: Technologies and Practice)*. Springer Verlag. Berlin. 2008. ISBN 978-3-540-72402-5 (in German)
4. Hellerich, W., Harsch, G., Haenle, S. (2004) *Werkstoff-Führer Kunststoffe: Eigenschaften (Plastics Material Guide: Properties)*. Prüfungen, Kennwerte, 9. Auflage, Carl Hanser Verlag, München, Wien, ISBN 3-446-22559-5 (in German)

Tabelul 6. Analiza statistică a capabilității pe perioada scurtă a procesului de ștanțare a parapetului interior al portierei – cota a

Table 6. Statistical analysis of process capability on short punching the the inner waist belt of the door - a mark

Measured values									
1	4	7	10	13	15	18	21	24	27
641.7	641.6	641.3	641.6	641.9	641.3	641.5	641.6	641.5	641.5
641.8	641.5	641.2	641.5	641.5	641.4	641.4	641.3	641.1	641.4
641.4	641.4	641.5	641.4	641.4	641.7	641.2	641.1	641.6	641.5

Initial data:

$L_{nom}=641.5mm$ (nominal length)
 $LSL=640.5mm$ (lower tolerance limit)
 $USL=642.5mm$ (upper tolerance limit)
 $n=30$ (number of samples)
 $m=1$ (batch production number)

Medium value:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = 641,4mm$$

(where x_i is measured value of sample i)

Standard deviation:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = 0,18$$

Control limits:

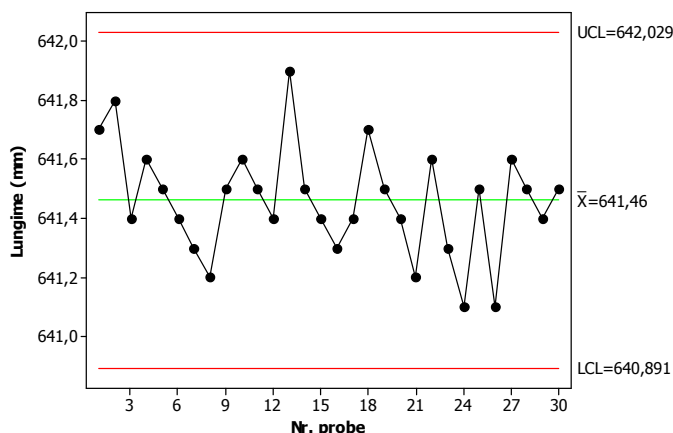
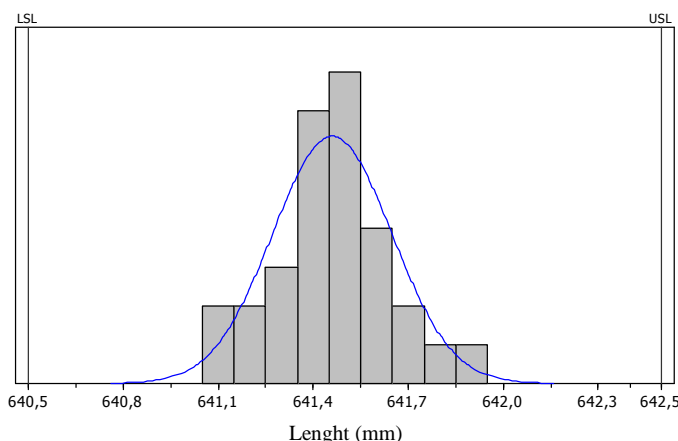
Lower

$$LCL = \frac{\sum_{j=1}^m \bar{x}_j}{m} - 3s = 640,8mm$$

Upper

$$UCL = \frac{\sum_{j=1}^m \bar{x}_j}{m} + 3s = 642,0mm$$

Dispersie



Capability coefficients of the process on short duration:

$$P_p = \frac{USL - LSL}{6s} = 1,77$$

$$P_{pk} = \text{Min}\left(\frac{USL - \bar{x}}{3s}, \frac{\bar{x} - LSL}{3s}\right) = 1,70$$

Conclusion: Because $P_p \geq 1.67$ and $P_{pk} \geq 1.67$ process capability on short duration is proved!

5. Quentin, H. (2008) *Statistische Prozessregelung - SPC (Statistical Process Control - SPC)*. Carl Hanser Verlag, München, ISBN 978-3-446-41637-6 (in German)
6. Poestgens, U. (2001) *Karosseriedichtsysteme für Kraftfahrzeuge (Body Sealing Systems for Motor Vehicles)*. Verlag Moderne Industrie. Landsberg am Lech 2001. ISBN 3-478-93244-0 (in German)
7. Timischl, W. (1996) *Qualitätssicherung – Statistische Methoden (Quality Assurance - Statistical Methods)*. 2. Auflage, Carl Hanser Verlag, München, Wien, ISBN 3-446-18591-7 (in German)